

**EVALUASI KINERJA WAKTU DAN BIAYA PADA PROYEK  
KONSTRUKSI GEDUNG ASRAMA SEKOLAH DENGAN  
PENDEKATAN EVA DAN PERCEPATAN PROYEK DENGAN PDM**

**SKRIPSI  
TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**YOSA INDRA SEPTIYANTO  
NIM. 135060700111058**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 25 Juli 2018

Mahasiswa



Yosa Indra Septiyanto

NIM. 135060700111058

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



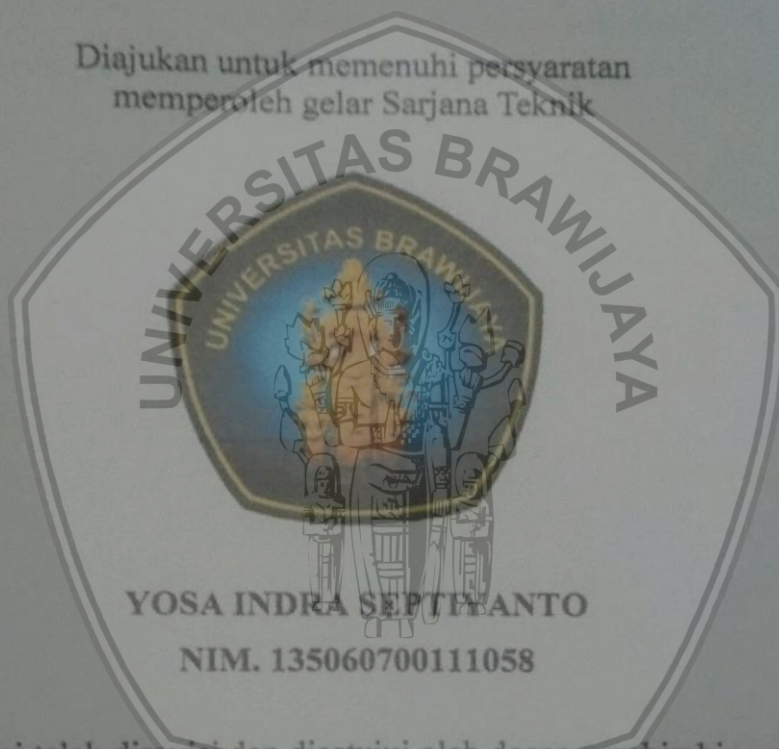
# LEMBAR PENGESAHAN

## EVALUASI KINERJA WAKTU DAN BIAYA PADA PROYEK KONSTRUKSI GEDUNG ASRAMA SEKOLAH DENGAN PENDEKATAN EVA DAN PERCEPATAN PROYEK DENGAN PDM

### SKRIPSI

### TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**YOSA INDRA SEPTIHANTO**

**NIM. 135060700111058**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada  
tanggal 25 Juli 2018

Dosen Pembimbing I

Nasir Widha Setyanto, ST., MT.  
NIP. 19700914 200501 1 001

Dosen Pembimbing II

Ratih Ardia Sari, ST., MT.  
NIP. 19851017 201012 2 003

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Industri

Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D.  
NIP. 19741115 200604 1 002





## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Tidak lupa shalawat dan salam juga tercurah kepada Rasulullah Nabi Muhammad SAW. Skripsi yang berjudul **“Evaluasi Kinerja Waktu dan Biaya pada Proyek Konstruksi Gedung Asrama Sekolah dengan Pendekatan EVA dan Percepatan Proyek dengan PDM”** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Fakultas Teknik di Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak hambatan yang penulis hadapi dalam penulisan skripsi ini, namun berkat dukungan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, hambatan-hambatan tersebut dapat teratasi. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Andi Rudiyanto dan Ibu Diah Coltina atas kasih sayang, doa dan kesabaran yang tak terbatas, untuk pelajaran dan didikan yang diberikan selama ini, motivasi, nasihat, dukungan mental dan materiil, serta perjuangan yang tidak pernah lelah demi memberikan pendidikan yang terbaik kepada penulis.
2. Nenek Murtiasih, Nenek Musiati, Ibu Hentik dan Bapak Sutaman yang selama ini telah banyak membantu, merawat, mendukung dan memberikan kasih sayang yang tulus kepada penulis.
3. Kakak tercinta, Dinar Nur Septiyanto dan Yuan Rido Krismawanti atas kasih sayang, dukungan, doa, semangat dan nasihat yang tiada henti kepada penulis.
4. Bapak Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri penulis berterimakasih atas kesabaran dalam membimbing penulis, memberikan masukan, arahan, serta ilmu yang sangat berharga dan bermanfaat bagi penulis.
5. Bapak Nasir Widha Setyanto, ST., MT. dan Ibu Ratih Ardia Sari, ST., MT., selaku dosen pembimbing I dan II, penulis berterimakasih atas kesabaran dalam membimbing penulis, memberikan masukan, arahan, motivasi, semangat dan ilmu yang sangat berharga dan bermanfaat bagi penulis.
6. Ibu Lely Riawati, ST., MT., dan Bapak Endra Yuafanedi Arifiantio, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Akademik, yang selalu memberikan bimbingan dan arahan terhadap kegiatan akademik maupun non akademik kepada penulis.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Industri yang telah dengan ikhlas memberikan ilmu yang sangat berharga dan bermanfaat bagi penulis.

8. Sahabat sekaligus wanita tercinta, Denis Dwi Krismawanti atas kasih sayang, dukungan, doa, semangat dan nasihat yang tiada henti kepada penulis.
9. Bapak dan Ibu karyawan Jurusan Teknik Industri yang telah membantu memberikan informasi serta melaksanakan proses akademik.
10. Bapak Dedi Arfianto selaku kontraktor Proyek Konstruksi Gedung Asrama yang telah bersedia memberi bimbingan dan berbagi informasi guna kelancaran penyelesaian skripsi.
11. Keluargaku Laboratorium Komputer 2013, Adib, Qori, Adit, Denis, Sulthon, Ifur.
12. Seluruh keluarga Laboratorium Komputer yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
13. Sahabat dan seluruh pihak yang belum disebutkan satu persatu oleh penulis atas keterlibatan dan dukungannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis mengucapkan pula permohonan maaf atas kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Semoga kritik dan saran yang konstruktif agar penulisan skripsi ini menjadi lebih baik. Semoga skripsi ini dapat dikembangkan dan bermanfaat bagi ilmu pengetahuan ke depannya.

Malang, Juni 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	4
1.3 Perumusan Masalah .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Tujuan Penelitian .....	5
1.6 Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Penelitian Terdahulu .....	7
2.2 Proyek .....	8
2.2.1 Manajemen Proyek .....	9
2.2.2 Jenis Proyek Kontruksi .....	9
2.2.3 Unsur-Unsur Pembangunan Proyek .....	10
2.2.4 Sasaran Proyek dan Tiga Kendala ( <i>Tripple Constrain</i> ) .....	10
2.3 Pengendalian Proyek .....	10
2.3.1 Unsur Pengendalian Proyek .....	11
2.3.2 Pengendalian Kinerja Proyek dengan <i>Earned Value Analysis</i> .....	11
2.3.2.1 <i>Cost Variance</i> dan <i>Schedule Variance</i> .....	12
2.3.2.2 <i>Cost Performance Index</i> dan <i>Schedule Performance Index</i> .....	13
2.4 Penyebab Keterlambatan .....	14
2.5 Akibat Keterlambatan Proyek .....	15
2.6 Mengatasi Keterlambatan .....	15
2.7 Perencanaan Proyek .....	16
2.8 Penjadwalan Proyek .....	16
2.9 <i>Precedence Diagram Method</i> (PDM) .....	16

2.9.1 Konstrain, <i>Lead</i> , dan <i>Lag</i> .....	18
2.9.2 Jalur dan Kegiatan Kritis .....	20
2.9.3 Hitungan Maju .....	20
2.9.4 Hitungan Mundur .....	21
2.9.5 <i>Total Float</i> dan <i>Free Float</i> .....	22
2.10 Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya ( <i>Time Cost Trade Off</i> ) .....	22
2.10.1 Menentukan Biaya dan Waktu Normal .....	24
2.10.2 Menentukan <i>Crash Duration</i> dan <i>Cost Slope</i> .....	25
2.11 Produktivitas Pekerja .....	25
2.12 Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur) .....	26
2.13 Pelaksanaan Penambahan Tenaga Kerja .....	27
2.14 Hubungan Antara Biaya dan Waktu .....	27
2.15 Biaya Denda .....	28
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	29
3.1 Metode Penelitian .....	29
3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian .....	29
3.3 Tahap Penelitian .....	32
3.4 Diagram Alir Penelitian .....	32
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	35
4.1 Data Umum Proyek .....	35
4.2 Pengumpulan data .....	37
4.2.1 RAB .....	37
4.2.2 Kurva S .....	37
4.2.3 Data Waktu Proyek (WBS) .....	38
4.3 Pengolahan Data .....	38
4.3.1 <i>Earned Value Analysis</i> (EVM) .....	38
4.3.1.1 Perhitungan BCWS .....	38
4.3.1.2 Perhitungan BCWP .....	39
4.3.1.3 Perhitungan ACWP .....	42
4.3.1.4 Perhitungan Variansi dan Jadwal .....	42
4.3.1.5 Perhitungan Indeks Produktivitas dan Kinerja .....	44
4.3.1.6 Analisis Penyebab <i>Schedule Underrun</i> .....	44
4.3.2 Analisis Jalur Kritis .....	46
4.3.3 Perancangan Jaringan Kerja .....	47

4.3.4 Pemilihan Alternatif Aktivitas yang Dapat Dipercepat .....	49
4.3.5 Biaya Proyek .....	50
4.3.5.1 Biaya Langsung.....	50
4.3.5.2 Biaya Tidak Langsung .....	50
4.3.6 Penerapan Metode Time Cost Trade Off .....	52
4.3.6.1 Penambahan Jam Kerja (Waktu Lembur) .....	52
4.3.6.2 Penambahan Tenaga Kerja .....	58
4.4 Analisis dan Pembahasan.....	63
4.4.1 Hasil EVM.....	64
4.4.2 Perbandingan Penambahan Biaya Akibat Penambahan Jam Kerja, Penambahan Tenaga Kerja dan Biaya Denda .....	64
4.5 Rekomendasi Jadwal Pelaksanaan Proyek.....	66
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>69</b>
5.1 Kesimpulan .....	69
5.2 Saran .....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>71</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>73</b>





Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.1	Perbandingan rencana fisik proyek dan pencapaian fisik aktual proyek .....	2
Tabel 2.1	Perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian saat ini.....	8
Tabel 2.2	Analisis varians terpadu .....	13
Tabel 2.3	Analisis indeks performansi.....	14
Tabel 2.4	Koefisien penurunan produktivitas .....	27
Tabel 4.1	Perhitungan kinerja proyek .....	40
Tabel 4.2	Laporan status akhir periode 12 .....	42
Tabel 4.3	Task alternatif untuk analisis percepatan proyek.....	49
Tabel 4.4	Biaya tidak langsung.....	51
Tabel 4.5	Tarif lembur tenaga kerja.....	52
Tabel 4.6	Upah biaya lembur per hari setiap pekerjaan.....	54
Tabel 4.7	Perhitungan <i>cost slope</i> aktivitas yang dapat dipercepat.....	55
Tabel 4.8	Urutan aktivitas dipercepat .....	56
Tabel 4.9	Perhitungan biaya langsung, biaya tidak langsung, dan total biaya lembur	57
Tabel 4.10	Durasi <i>crashing</i> jika menambah 1 pekerja.....	60
Tabel 4.11	Urutan aktivitas dipercepat dengan penambahan tenaga kerja .....	60
Tabel 4.12	Urutan aktivitas dipercepat, biaya langsung, biaya tidak langsung, dan total biaya .....	62
Tabel 4.13	Perbandingan biaya tambahan yang harus dikeluarkan kontraktor akibat keterlambatan proyek .....	65
Tabel 4.14	Rekomendasi urutan percepatan proyek .....	66



Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Siklus hidup proyek .....	9
Gambar 2.2	Pola umum proses perencanaan dan pengendalian proyek .....	11
Gambar 2.3	Proyek memasang pipa dengan metode AOA/CPM .....	17
Gambar 2.4	Kegiatan-kegiatan dipecah menjadi 40% dan 60% bagian .....	17
Gambar 2.5	Kegiatan seperti Gambar 2.3 disajikan dengan metode PDM.....	17
Gambar 2.6	Node PDM.....	18
Gambar 2.7	Konstrain pada PDM .....	20
Gambar 2.8	Kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan pendahulu.....	21
Gambar 2.9	Kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan berikutnya .....	21
Gambar 2.10	Grafik hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung, dan biaya tak langsung.....	24
Gambar 2.11	Hubungan waktu - biaya pada keadaan normal dan dipersingkat untuk satu kegiatan.....	25
Gambar 2.12	Grafik indikasi penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja ...	26
Gambar 3.1	Tahapan penelitian.....	33
Gambar 4.1	Rancangan gedung asrama tampak depan .....	35
Gambar 4.2	Rancangan gedung asrama denah lantai 1 .....	36
Gambar 4.3	Rancangan gedung asrama denah lantai 2 .....	36
Gambar 4.4	Rancangan gedung asrama atap.....	36
Gambar 4.5	Rancangan gedung asrama tampak belakang .....	37
Gambar 4.6	Perbandingan waktu penyelesaian rencana dan <i>existing time schedule</i> ....	37
Gambar 4.7	Diagram pohon penyebab <i>schedule underrun</i> .....	45
Gambar 4.8	Perbandingan kurva s rencana dan <i>existing time schedule</i> .....	46
Gambar 4.9	Contoh tampilan jaringan kerja dengan metode <i>precedence diagram method</i> .....	47
Gambar 4.10	Jalur kritis minggu ke-13 s/d minggu ke-28.....	48
Gambar 4.11	Grafik hubungan biaya langsung, tidak langsung, dan total biaya percepatan proyek .....	58
Gambar 4.12	Grafik hubungan biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total. .	46



Halaman ini sengaja dikosongkan



## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Rencana anggaran biaya proyek .....	73
Lampiran 2	<i>Work breakdown structure</i> proyek asrama sekolah.....	77
Lampiran 3	Kebutuhan tenaga kerja proyek asrama.....	81
Lampiran 4	Jaringan kerja proyek gedung asrama sekolah .....	85
Lampiran 5	Laporan kemajuan proyek minggu ke-12 .....	87





Halaman ini sengaja dikosongkan

## RINGKASAN

**Yosa Indra Septiyanto**, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2018, *Evaluasi Kinerja Waktu dan Biaya pada Proyek Konstruksi Gedung Asrama Sekolah dengan Pendekatan EVA dan Percepatan Proyek dengan PDM*, Dosen Pembimbing: Nasir Widha Setyanto dan Ratih Ardia Sari.

Pembangunan sarana fisik di Indonesia terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang semakin kompleks. Salah satu perusahaan yang berperan dalam pembangunan sarana fisik adalah perusahaan konstruksi dengan proyek pembangunan gedung asrama sekolah. Proyek tersebut terdapat tiga bagian yaitu pembangunan gedung asrama, gedung ruang makan, dan bangunan masjid. Proyek direncanakan selesai dalam waktu 26 minggu (September 2016 – Februari 2017). Berdasarkan laporan mingguan, pada minggu ke 12 (21/11/2016-27/11/2016) terjadi penyimpangan sebesar 7,18%. Keterlambatan pelaksanaan proyek dapat memberikan kerugian bagi pihak kontraktor maupun *owner*.

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi pelaksanaan proyek konstruksi asrama sekolah dengan metode yang *Earned Value Analysis*. Dari 3 proyek yang ada dalam paket pengerjaan penelitian ini lebih spesifik untuk meneliti dan melakukan percepatan pada proyek gedung asrama sekolah karena proyek tersebut memiliki waktu pengerjaan lebih lama dibandingkan proyek yang lain yaitu selama 26 minggu. Hasil *Earned Value Analysis* digunakan untuk mengetahui *task* yang tidak sesuai dengan rencana proyek, selain itu juga digunakan sebagai dasar perencanaan jadwal pelaksanaan proyek pada minggu 13 sampai selesai. Perencanaan jadwal pelaksanaan proyek dibuat dengan menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM) untuk mengetahui *critical path*. Kemudian dilakukan percepatan proyek untuk menghindari adanya keterlambatan proyek diakhir periode pelaksanaan proyek serta menghindari konsekuensi yang harus diterima akibat keterlambatan proyek. Percepatan proyek akan menyebabkan penambahan biaya proyek oleh karena itu perlu dilakukan Analisis waktu dan biaya untuk menentukan rencana proyek yang optimal.

Hasil penelitian dengan EVA pada minggu ke-12 nilai CPI yang dihasilkan adalah 1.069 atau lebih dari 1 yang menunjukkan bahwa pengeluaran lebih sedikit dari anggaran (*under cost*) namun nilai SPI yang dihasilkan yaitu 0,828 atau dibawah 1 yang menunjukkan bahwa waktu pelaksanaan lebih lama dari jadwal yang telah direncanakan (*schedule underrun*). Penyebab *schedule underrun* berasal dari kesalahan kontraktor seperti terlambat memulai pekerjaan, pekerjaan sebelumnya terlambat, terlambat mendatangkan peralatan, terlambat mendatangkan material, dan pekerja yang kurang terampil dalam melakukan pekerjaannya. Direkomendasikan percepatan proyek dengan penambahan tenaga kerja pada beberapa aktivitas kritis dengan durasi proyek 180 hari dimana 16 hari lebih cepat dari jadwal existing pelaksanaan proyek dan 2 hari lebih cepat dari kontrak. Dengan melakukan percepatan proyek menjadi 180 hari, kontraktor harus mengeluarkan biaya tambahan sebesar Rp 12,270,000. Biaya tersebut merupakan akibat dari penambahan tenaga kerja guna mempercepat durasi proyek sebesar Rp. 21,285,000 dan biaya tidak langsung berkurang Rp. 9,015,000 dari anggaran awal proyek. Sehingga total biaya dengan durasi 180 hari adalah Rp 5,850,550,296 yang terdiri dari biaya langsung Rp 5,338,772,796 dan biaya tidak langsung Rp 511,967,500.

**Kata Kunci:** *Earned Value Method, Precedence Diagram Method, Crashing Project, Schedule Performance Index, dan Cost Performance Index*





Halaman ini sengaja dikosongkan

## SUMMARY

**Yosa Indra Septiyanto**, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, June 2018, *Evaluasi Kinerja Waktu dan Biaya pada Proyek Konstruksi Gedung Asrama Sekolah dengan Pendekatan EVA dan Percepatan Proyek dengan PDM*, Dosen Pembimbing: Nasir Widha Setyanto dan Ratih Ardia Sari.

The development of physical facilities in Indonesia continues to grow to meet the increasingly complex needs of society. one of the companies that play a role in the construction of physical facilities is a construction company with a school dormitory building project. The project consists of three parts, namely the construction of dormitory buildings, dining hall, and mosque building. The project is planned to be completed within 26 weeks (September 2016 - February 2017). Based on the weekly report, at week 12 (21/11/2016 - 27/11/2016) there was a deviation of 7.18%. Delays in project implementation may result in losses to contractors and owners.

In this research, the evaluation of the implementation of school dormitory construction project using the Earned Value Analysis method. Of the 3 projects in this research package are more specific to research and accelerate the school dormitory building project because the project has longer processing time than the other project that is for 26 weeks. The results of Earned Value Analysis are used to find out tasks that are not in accordance with the project plan, but they are also used as the basis for planning the project execution schedule on the 13th week to complete. Planning of project implementation schedule is made by using method of Precedence Diagram Method (PDM) to know critical path. Project acceleration is then undertaken to avoid project delays at the end of the project execution period and avoid the consequences that must be received due to project delays. Acceleration of the project will lead to additional project costs therefore it is necessary to analyze the time and cost to determine the optimal project plan.

Results of research with EVA at week 12 CPI value produced is 1.069 or more than 1 indicating that the expenditure is less than the budget (under cost) but the value of SPI produced is 0.828 or below 1 indicating that the execution time is longer than the schedule which has been planned (schedule underrun). The cause of the underrun schedule stems from the mistakes of contractors such as late start of work, late work late, late bringing in equipment, late bringing in materials, and unskilled workers in doing their work. Recommendation of research is project acceleration with additional labor on some critical activities with 180 days project duration which is 16 days ahead of existing project schedule and 2 days faster than contract. By accelerating the project to 180 days, the contractor must incur an additional charge of Rp 12,270,000. The cost is the result of the addition of labor to accelerate the project duration Rp. 21,285,000 and indirect costs decreased Rp. 9,015,000 from the project's initial budget. So the total cost with a duration of 180 days is Rp 5,850,550,296 consisting of direct cost Rp 5,338,772,796 and indirect cost Rp 511,967,500.

**Keywords:** *Earned Value Method, Precedence Diagram Method, Crashing Project, Schedule Performance Index, dan Cost Performance Index*



Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini.

### **1.1 Latar Belakang**

Dewasa ini pembangunan sarana fisik di Indonesia semakin pesat. Berbagai proyek berskala besar dikerjakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang semakin kompleks. Hal tersebut memicu perkembangan industri konstruksi di Indonesia. Pembangunan sarana fisik perlu suatu pengelolaan yang serius, mengingat semakin besarnya ukuran proyek dan semakin kompleksnya ketergantungan antara satu bagian pekerjaan dengan pekerjaan yang lain dalam satu proyek untuk mencapai hasil yang diinginkan.

Sebuah proyek adalah usaha yang kompleks, tidak rutin, yang dibatasi oleh waktu, anggaran, sumber daya, dan spesifikasi kinerja yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan (Gray; Larson, 2007). Sedangkan proyek konstruksi adalah suatu serangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilakukan dan umumnya berjangka pendek (Ervianto, 2002). Keberhasilan proyek untuk memenuhi spesifikasi, biaya dan waktu yang telah ditetapkan merupakan tujuan utama dari kontraktor atau perusahaan konstruksi.

Penelitian dilakukan pada perusahaan konstruksi yang menerima perencanaan, perancangan dan pelaksanaan konstruksi bangunan. Pihak pemesan biasanya berasal dari berbagai macam perusahaan, instansi swasta atau instansi pemerintah. Salah satu proyek konstruksi yang ditangani perusahaan tersebut saat ini yaitu proyek konstruksi pembangunan gedung asrama sekolah milik sebuah yayasan pendidikan di Provinsi Bengkulu. Proyek pembangunan asrama tersebut terdapat tiga bagian yaitu pembangunan gedung asrama, gedung ruang makan, dan bangunan masjid. Masing-masing gedung dibagi menjadi empat pekerjaan, yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur, dan pekerjaan mekanikal elektrik. Proyek direncanakan selesai dalam waktu 26 minggu (September 2016 – Februari 2017). Berdasarkan rekapitulasi prestasi fisik mingguan proyek terakhir yang sudah dilakukan terjadi penyimpangan atau deviasi sebesar 7,18% pada minggu ke-12, dimana pada proyek tersebut realisasi pelaksanaan fisik proyek sebesar 44,98% sedangkan target prestasi fisik yang harus dicapai sebesar 52,15%. Data pelaksanaan proyek asrama



dapat dilihat pada Tabel 1.1. Berdasarkan penyimpangan tersebut mengindikasikan kurang baiknya pengaturan proyek oleh karena itu perlu dilakukan pengendalian proyek.

Tabel 1.1

Perbandingan Rencana Fisik Proyek dan Pencapaian Fisik Aktual Proyek

Minggu Ke	Tanggal			Rencana (%)	Aktual (%)	Deviasi (%)
1	05/09/2016	s/d	11/09/2016	0,04	0,84	0,79
2	12/09/2016	s/d	18/09/2016	2,98	3,02	0,03
3	19/09/2016	s/d	25/09/2016	6,15	6,23	0,08
4	26/09/2016	s/d	02/10/2016	9,84	11,03	1,19
5	03/10/2016	s/d	09/10/2016	14,04	15,44	1,41
6	10/10/2016	s/d	16/10/2016	18,63	19,88	1,25
7	17/10/2016	s/d	23/10/2016	25,06	25,79	0,74
8	24/10/2016	s/d	30/10/2016	32,29	30,93	-1,37
9	31/10/2016	s/d	06/11/2016	38,06	31,94	-6,12
10	07/11/2016	s/d	13/11/2016	41,99	35,54	-6,45
11	14/11/2016	s/d	20/11/2016	46,59	39,62	-6,98
12	21/11/2016	s/d	27/11/2016	52,15	44,98	-7,18

Sumber: Rekapitulasi prestasi fisik mingguan pada minggu ke-12

Saat ini pengendalian proyek dilakukan dengan kurva S yang informasinya hanya sebatas hubungan sederhana antara realisasi pelaksanaan proyek dan rencana pelaksanaan proyek. Adapun konsekuensi yang didapat kontraktor jika terjadi keterlambatan proyek adalah:

1. Jika progres terlambat lebih dari 5% akan dilakukan *show cost meeting* untuk mencari solusi dan mendapatkan surat peringatan pertama.
2. Jika mendekati akhir proyek tetap terlambat lebih dari 5% kontraktor akan mendapatkan surat peringatan kedua.
3. Jika pada akhir proyek kontraktor tidak dapat menyelesaikan proyek dan kontraktor tidak sanggup melanjutkan proyek, maka pihak *owner* berkewajiban membayarkan biaya sesuai dengan progres proyek dan uang jaminan yang diberikan kontraktor sebesar 5% dari nilai kontrak menjadi hak milik *owner*.
4. Jika pada akhir proyek kontraktor tidak dapat menyelesaikan proyek tetapi kontraktor masih sanggup untuk menyelesaikan proyek, maka pihak *owner* memberikan waktu 50 hari untuk menyelesaikan proyek dan kontraktor dapat menyelesaikan sesuai waktu tambahan yang diberikan maka kontraktor hanya membayar denda keterlambatan sebesar  $\frac{1}{1000} \times \text{Jumlah hari terlambat} \times \text{Nilai Kontrak}$  kepada *owner*.
5. Jika pada akhir proyek pihak kontraktor tidak dapat menyelesaikan proyek tetapi kontraktor masih sanggup untuk menyelesaikan proyek, maka pihak *owner* memberikan waktu 50 hari untuk menyelesaikan proyek tetapi jika kontraktor tidak dapat menyelesaikan sesuai waktu tambahan yang diberikan maka kontraktor membayar

denda keterlambatan sebesar  $\frac{1}{1000} \times \text{Jumlah hari terlambat} \times \text{Nilai Kontrak}$  kepada *owner* dan uang jaminan yang diberikan kontraktor sebesar 5% dari nilai kontrak menjadi hak milik *owner*.

Berdasarkan konsekuensi tersebut, jika terjadi keterlambatan pelaksanaan proyek dapat memberikan kerugian bagi pihak kontraktor maupun *owner*, oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi pelaksanaan proyek konstruksi asrama sekolah. Salah satu metode yang dapat digunakan yaitu *Earned Value Anylisis*. Metode ini digunakan karena memiliki kelebihan dapat mengontrol kinerja secara simultan fisik dan biaya. Kerzner (2008) menganggap mengelola biaya menggunakan *Earned Value Analysis* disebut “*managing with open eyes*” karena manajer dapat dengan jelas melihat apa yang direncanakan dan apa yang dilakukan dengan aktual biaya. Pada penelitian ini evaluasi dilakukan pada minggu ke 12 pelaksanaan proyek pada proyek yang memiliki pengaruh paling besar. Dari 3 proyek yang ada dalam paket pengerjaan penelitian ini lebih spesifik untuk meneliti dan melakukan percepatan pada proyek asrama sekolahh karena proyek tersebut memiliki waktu pengerjaan lebih lama dibandingkan proyek yang lain yaitu selama 26 minggu. Selain itu proyek ini memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan proyek yang lain. Hasil dari analisis menggunakan *Earned Value Anylisis* digunakan untuk mengetahui *task* yang tidak sesuai dengan rencana proyek, selain itu juga digunakan sebagai dasar perencanaan jadwal pelaksanaan proyek pada minggu 13 sampai selesai dengan mempertimbangkan realisasi pelaksanaan. Perencanaan jadwal pelaksanaan proyek akan dibuat dengan menggunakan metode *Presedence Diagram Method* (PDM).

PDM merupakan konsep *network planning* yang berbentuk *Activity On Node* (AON) dimana tanda panah menyatakan keterkaitan antara kegiatan. Kegiatan-kegiatan tersebut ditulis dalam *node* yang berbentuk kotak segiempat, sedangkan anak panahnya hanya sebagai petunjuk kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. Dengan demikian *dummy* tidak diperlukan (Soeharto, 1999). PDM merupakan metode yang diciptakan untuk mengakomodasi penyusunan jaringan kerja dengan *overlapping*. Berdasarkan perencanaan dengan PDM akan diperoleh jaringan kerja jadwal pelaksanaan proyek yang telah memperhatikan hasil evaluasi dengan EVA. Jaringan kerja dibuat dengan metode precedence diagram method untuk mengetahui *critical path*. Setelah itu akan dilakukan percepatan proyek dengan metode *Crash Program*. *Crash Program* adalah metode yang dapat dilakukan untuk mempersingkat atau memperpendek durasi dari sebuah aktivitas proyek (Gray; Larson, 2007). Percepatan proyek ini dilakukan untuk menghindari adanya

keterlambatan proyek diakhir periode pelaksanaan proyek serta menghindari konsekuensi yang harus diterima akibat keterlambatan proyek. Percepatan proyek akan menyebabkan penambahan biaya proyek oleh karena itu perlu dilakukan analisis waktu dan biaya untuk menentukan rencana proyek yang optimal. Selain itu juga akan dilakukan analisis perbandingan biaya akibat percepatan proyek dengan biaya jika proyek tetap terlambat. Hasil analisis tersebut akan dipertimbangkan untuk dijadikan rekomendasi pelaksanaan proyek agar dapat memberikan keuntungan yang lebih baik bagi kontraktor maupun *owner*.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi permasalahannya yaitu:

1. Terjadinya penyimpangan jadwal penyelesaian proyek pada minggu ke 12 dengan deviasi sebesar 7,18% sehingga perlu dilakukan evaluasi pelaksanaan proyek dan percepatan proyek agar proyek dapat selesai sesuai dengan rencana.
2. Ada konsekuensi berupa denda yang akan dikenakan pada kontraktor jika proyek tidak selesai sesuai dengan kontrak.
3. Perlunya analisis percepatan proyek yang optimal dengan pertimbangan biaya dan waktu.

## 1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan hasil identifikasi masalah yang telah disampaikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa performansi kinerja waktu dan biaya pada proyek asrama sekolah pada minggu ke-12?
2. Apa yang menyebabkan terjadinya keterlambatan proyek?
3. Bagaimana penjadwalan percepatan jaringan kerja dengan metode *Presedence Diagram Method* (PDM) agar proyek selesai sesuai dengan rencana?
4. Bagaimana perubahan waktu dan biaya pelaksanaan proyek setelah dilakukan percepatan proyek dengan metode *Crash Program*?

## 1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian laporan dapat dilakukan dengan baik dan pembahasan dapat terfokus, maka dibuat beberapa batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Analisis dititik beratkan pada biaya dan waktu.
2. Penelitian hanya pada proyek asrama sekolah.

3. Maksimal penambahan jam kerja lembur 1 jam per hari.
4. Maksimal penambahan tenaga kerja 1 orang tiap aktivitas.

### 1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai dari penelitian ini, yaitu:

1. Mengukur kinerja waktu dan biaya pada proyek pembangunan asrama sekolah menggunakan metode *Earned Value Analysis* (EVA).
2. Mengetahui penyebab terjadinya keterlambatan pelaksanaan proyek.
3. Memberikan strategi perbaikan yang didasarkan penyebab terjadinya keterlambatan untuk meminimumkan kerugian dengan melakukan penjadwalan dengan percepatan jaringan kerja menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM).
4. Mengetahui perubahan waktu dan biaya pelaksanaan proyek setelah dilakukan percepatan proyek dengan metode *Crash Program* untuk dijadikan pertimbangan penentuan rencana perbaikan yang optimal.

### 1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang ingin dicapai dari penelitian ini, yaitu:

1. Sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi perusahaan dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan kebijakan pelaksanaan proyek mengenai waktu dan biaya pada pelaksanaan proyek yang lain.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan mengevaluasi dan memberikan perbaikan bagi kemajuan proyek pada proyek lain yang mengalami keterlambatan proyek.





Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian yang akan dilaksanakan diperlukan dasar-dasar argumentasi ilmiah yang berhubungan dengan konsep-konsep yang diperlukan dalam penelitian dan akan dipakai dalam analisis. Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar-dasar argumentasi atau teori yang digunakan dalam penelitian.

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu yang relevan dan berhubungan dengan penelitian ini adalah:

1. Putra (2012) melakukan penelitian dengan judul Pengendalian Biaya dan Waktu Pelaksanaan Proyek dengan *Earned Value Method*. Pada penelitian ini, peneliti menyatakan bahwa pada pelaksanaan proyek konstruksi pembangunan Bendungan Bajulmati, informasi yang didapat pada masa akhir peninjauan  $SPI=1,0016$  dan  $CPI=1,0086$ . Sedangkan perkiraan total waktu penyelesaian proyek sebesar 1,066.0534 hari dan perkiraan total waktu penyelesaian proyek sebesar Rp 253,2042 M. Dari segi penjadwalan dapat ditentukan terdapat 9 aktivitas yang termasuk jalur kritis, 22 aktivitas dengan status hampir kritis dan 17 aktivitas dengan status tidak kritis.
2. Krismawanti (2017) melakukan penelitian pada proyek konstruksi pembangunan gedung olahraga di provisnsi Bengkulu. Berdasarkan data laporan mingguan pelaksanaan proyek pembangunan gedung olahraga, terjadi deviasi keterlambatan pada minggu ke-10 (21/11/2016-27/11/2016) yaitu sebesar 17,924%, sehingga perlu dilakukan percepatan waktu proyek untuk menghindari risiko keterlambatan waktu pelaksanaan proyek maupun cut-off. Pada penelitian ini dilakukan perencanaan proyek dengan metode Precedence Diagram Method (PDM) dan percepatan proyek dilakukan dengan metode *Time Cost Trade Off*. Percepatan dilakukan dengan membandingkan dua cara yaitu dengan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja. Hasil penelitian ini yaitu diperoleh waktu optimal percepatan sebanyak 9 hari kerja sehingga durasi proyek menjadi 187 hari dengan biaya proyek Rp. 9.507.853.620,00 dengan melakukan penambahan jam kerja.

Berdasarkan kedua penelitian terdahulu tersebut, dapat dibandingkan antara penelitian ini dengan kedua penelitian tersebut adalah pada jenis proyek, metode pengendalian proyek

dan juga metode penjadwalan proyek yang digunakan. Secara ringkas dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1  
Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Saat Ini

	Putra (2012)	Krismawanti (2017)	Penelitian Ini
<b>Jenis Proyek</b>	Bangunan Sipil	Bangunan Gedung	Bangunan Gedung
<b>Objek Penelitian</b>	Bendungan	Gedung Olahraga	Gedung Asrama Sekolah
<b>Metode Pengendalian</b>	<i>Earned Value Analysis</i>	-	<i>Earned Value Analysis</i>
<b>Metode Penjadwalan</b>	CPM	PDM	PDM

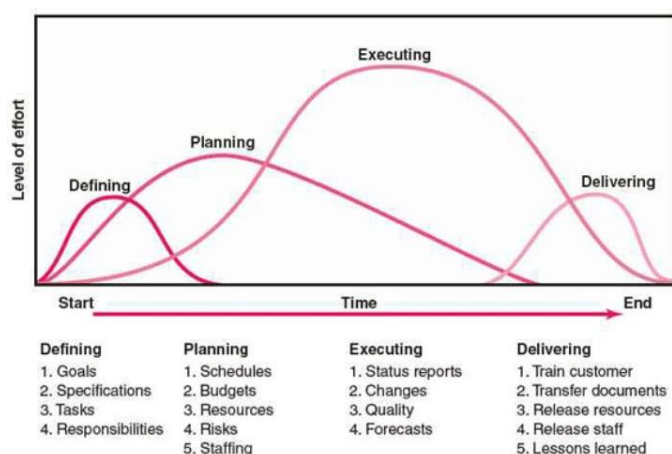
## 2.2 Proyek

Untuk memahami pengertian proyek berikut ini diberikan beberapa pendapat dari para ahli, yang diantaranya sebagai berikut.

1. Menurut *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) dalam buku Manajemen Proyek Berbasis Teknologi Informasi, Proyek didefinisikan sebagai suatu usaha sementara yang dilaksanakan untuk menghasilkan suatu produk atau jasa yang unik (Heryanto, 2008)
2. Proyek didefinisikan sebagai usaha yang kompleks, tidak rutin, yang dibatasi oleh waktu, anggaran, sumber daya dan spesifikasi kinerja yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan (Gray; Larson, 2007).
3. Proyek konstruksi ialah suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek serta proses yang terjadi dalam rangkaian kegiatan tersebut terdapat suatu proses mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan (Ervianto, 2002).

Siklus hidup menunjukkan bahwa proyek memiliki rentang hidup terbatas dan bahwa ada perubahan-perubahan yang dapat diprediksi, khususnya berkenaan dengan usaha dan fokus pada umur hidup proyek. Siklus hidup proyek umumnya melewati empat tahap berurutan yaitu (Gray & Larson, 2007):

1. Tahap penentuan
2. Tahap Perencanaan
3. Tahap Eksekusi
4. Tahap Pengiriman



Gambar 2.1 Siklus hidup proyek  
Sumber: Gray & Larson (2007)

## 2.2.1 Manajemen Proyek

Manajemen proyek merupakan penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan keterbatasan sumber daya untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu, waktu dan keselamatan kerja (Husen, 2011).

Pengertian manajemen sebenarnya masih banyak ada juga yang berpendapat mengenai ruang lingkup dari pekerjaan manajemen proyek yang disampaikan oleh Lewis (2000) bahwa ruang lingkup manajemen proyek meliputi perencanaan, penjadwalan dan kontrol dari aktivitas agar sesuai dengan tujuan proyek tersebut.

## 2.2.2 Jenis Proyek Kontruksi

Menurut Ervianto (2002) Proyek konstruksi dapat dibedakan menjadi dua jenis kelompok bangunan yaitu:

1. Bangunan Gedung: rumah, kantor, pabrik. Ciri dari jenis bangunan ini adalah:
  - a. Proyek konstruksi menghasilkan tempat orang bekerja atau tinggal
  - b. Pekerjaan dilaksanakan pada lokasi yang relatif sempit dan kondisi pondasi umumnya sudah diketahui
2. Bangunan Sipil: Jalan, jembatan, bendungan dan infrastruktur lainnya. Ciri dari jenis bangunan ini adalah:
  - a. Proyek konstruksi dilaksanakan untuk mengendalikan alam agar berguna bagi kepentingan manusia
  - b. Pekerjaan dilaksanakan pada lokasi yang luas atau panjang dan kondisi pondasi sangat berbeda satu sama lain dalam suatu proyek

### 2.2.3 Unsur-Unsur Pembangunan Proyek

Menurut Ervianto (2002), pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi dari tahap perencanaan hingga pelaksanaan proyek dapat dikelompokkan menjadi tiga pihak yaitu pemilik proyek (*owner*) atau principal (*employer/client/bowheer*), pihak perencana (*designer*) dan pihak kontraktor (*aannemer*).

### 2.2.4 Sasaran Proyek dan Tiga Kendala (*Tripple Constrain*)

Di dalam proses mencapai tujuan proyek memiliki tiga kendala (*triple constrain*), di mana telah ditentukan batasan yaitu besar biaya (anggaran) yang dialokasikan dan jadwal serta mutu yang harus dipenuhi (Soeharto, 1999). Berikut ini merupakan parameter penting bagi penyelenggaraan proyek yang sering diasosiasikan sebagai sasaran proyek.

1. Anggaran Proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran
2. Jadwal Proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan
3. Mutu proyek atau hasil kegiatan proyek harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan

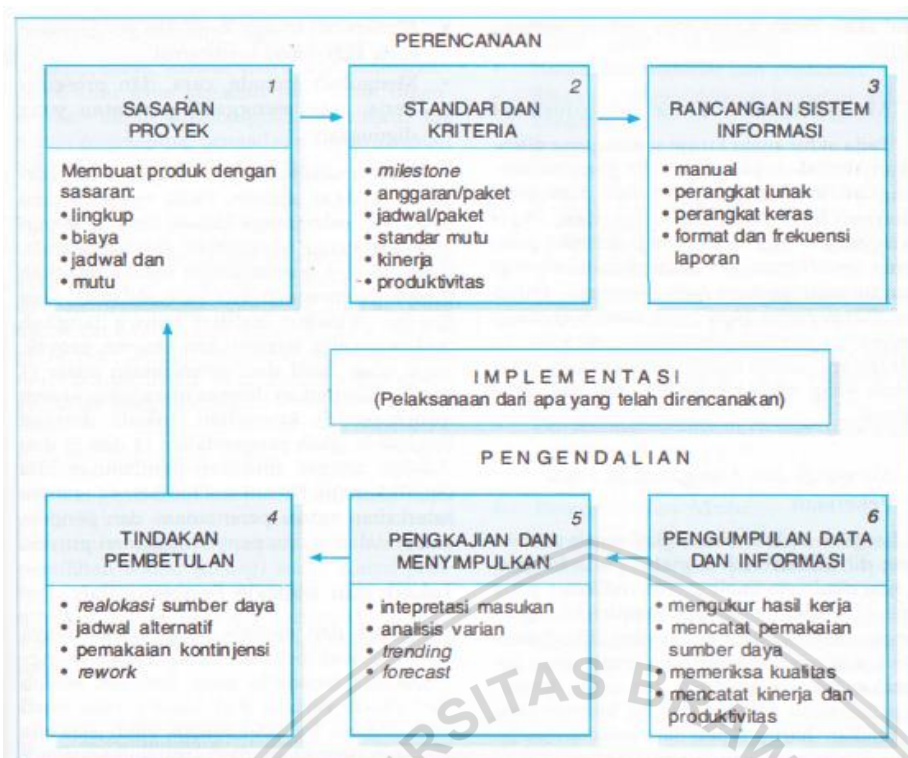
## 2.3 Pengendalian Proyek

Pengendalian adalah usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan sasaran perencanaan, merancang sistem informasi, membandingkan pelaksanaan dengan standar menganalisis kemungkinan adanya penyimpangan antara pelaksanaan dan standar, kemudian mengambil tindakan pembetulan yang diperlukan agar sumber daya digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai sasaran.

Bertitik tolak dari definisi di atas, maka proses pengendalian proyek dapat diuraikan menjadi langkah-langkah berikut.

1. Menentukan sasaran
2. Menentukan standar dan kriteria sebagai patokan dalam rangka mencapai sasaran
3. Merancang/menyusun sistem informasi, pemantauan, dan pelaporan hasil pelaksanaan pekerjaan
4. Mengumpulkan data info hasil implementasi
5. Mengkaji dan menganalisis hasil pekerjaan terhadap standar, kriteria, dan sasaran yang telah ditentukan
6. Mengadakan tindakan pembetulan





Gambar 2.2 Pola umum proses perencanaan dan pengendalian proyek  
Sumber: Soeharto (1999)

### 2.3.1 Unsur Pengendalian Proyek

Unsur pengendalian proyek merupakan sasaran proyek adalah lingkup, biaya, jadwal, dan mutu. Berikut penjelasan unsur dari segi biaya dan jadwal.

#### 1. Pengendalian Biaya

Pengendalian biaya terpusat pada faktor kuantitas dan harga satuan komponen biaya. Demikian pula mengenai pemilihan waktu (timing) suatu ikatan pembelian (*commitment*), karena faktor-faktor tersebut sering menjadi sumber terjadinya varians biaya.

#### 2. Pengendalian Jadwal

Pengendalian jadwal atau waktu terpusat pada faktor berikut.

- Bagi pemilik proyek tercapainya sasaran seperti tercantum pada jadwal induk
- Bagi kontraktor, tercapainya sasaran seperti pada kontrak EPK (engineering, pengadaan, konstruksi)
- Penyediaan sumber daya seperti material, peralatan, tenaga kerja

### 2.3.2 Pengendalian Kinerja Proyek dengan *Earned Value Analysis*

Menurut Soeharto (1999), konsep nilai hasil (*Earned Value*) adalah konsep menghitung



besarnya biaya yang menurut anggaran sesuai dengan pekerjaan yang telah diselesaikan atau dilaksanakan (*Budgeted Cost of Work Performed*). Dengan demikian rumus konsep nilai hasil adalah:

$$\text{Nilai Hasil} = \% \text{ Penyelesaian} \times \text{Anggaran} \quad (2-1)$$

Sumber: Soeharto (1999)

Indikator yang digunakan dalam konsep nilai hasil (*earned value*) yaitu:

1. ACWP (*Actual Cost Work Performed*) adalah jumlah biaya aktual dari pekerjaan yang telah dilaksanakan. Biaya ini di peroleh dari data-data akuntansi atau keuangan proyek pada tanggal pelaporan, yaitu catatan segala pengeluaran biaya aktual dari paket kerja atau kode akuntansi termasuk perhitungan overhead dan lain-lain. Jadi ACWP merupakan jumlah aktual dari pengeluaran atau yang digunakan untuk melaksanakan pekerjaan dalam kurun waktu tertentu.
2. BCWP (*Budgeted Cost Work Performed*) indikator ini menunjukkan nilai hasil dari sudut pandang nilai pekerjaan yang telah diselesaikan terhadap anggaran yang disediakan untuk melaksanakan pekerjaan tersebut. Bila angka ACWP dibandingkan dengan BCWP, akan terlihat perbandingan antara biaya yang telah dikeluarkan untuk pekerjaan yang telah terlaksana terhadap biaya yang seharusnya dikeluarkan untuk maksud tersebut.
3. BCWS (*Budgeted Cost Work Schedule*) ini sama dengan anggaran untuk suatu paket pekerjaan, tetapi disusun dan dikaitkan dengan jadwal pelaksanaan. Jadi disini terjadi perpaduan antara biaya, jadwal, dan lingkup kerja, dimana pada setiap elemen pekerjaan telah diberi alokasi biaya dan jadwal yang dapat menjadi tolok ukur dalam pelaksanaan pekerjaan.

### 2.3.2.1 Cost Variance dan Schedule Variance

*Cost Variance* (CV) merupakan selisih antara nilai yang diperoleh setelah menyelesaikan paket-paket pekerjaan dengan biaya aktual yang terjadi selama pelaksanaan proyek.

$$CV = BCWP - ACWP \quad (2-2)$$

Sumber: Soeharto (1999)

Nilai *Cost Variance* (CV) positif (+) menunjukkan *cost underrun* dimana nilai paket pekerjaan yang diselesaikan lebih besar dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan untuk mengerjakan paket pekerjaan tersebut. Sebaliknya jika nilai *Cost Variance* (CV) negatif (-) menunjukkan *cost overrun* dimana nilai paket pekerjaan yang diselesaikan lebih rendah

dibandingkan dengan biaya yang sudah dikeluarkan.

*Schedule Variance* (SV) digunakan untuk menghitung penyimpangan antara BCWS dengan BCWP dengan rumus sebagai berikut.

$$SV = BCWP - BCWS \quad (2-3)$$

Sumber: Soeharto (1999)

Nilai *Schedule Variance* (SV) positif (+) menunjukkan bahwa paket pekerjaan proyek yang diselesaikan lebih besar atau lebih banyak dibanding rencana. Sebaliknya jika nilai *Schedule Variance* (SV) negatif (-) menunjukkan bahwa paket pekerjaan yang diselesaikan lebih sedikit dibanding jadwal yang direncanakan.

Tabel 2.2

Analisis Varians Terpadu

SV	CV	Keterangan
(+)	(+)	Pekerjaan terlaksana lebih cepat dari jadwal dengan biaya lebih kecil dari anggaran
(0)	(+)	Pekerjaan terlaksana tepat sesuai jadwal dengan biaya lebih rendah daripada anggaran
(+)	(0)	Pekerjaan terlaksana sesuai anggaran dan selesai lebih cepat dari jadwal
(0)	(0)	Pekerjaan terlaksana sesuai jadwal dan anggaran
(-)	(-)	Pekerjaan selesai terlambat dan menelan biaya lebih tinggi daripada anggaran
(0)	(-)	Pekerjaan terlaksana sesuai jadwal dengan menelan biaya diatas anggaran
(-)	(0)	Pekerjaan selesai terlambat dan menelan biaya sesuai anggaran
(+)	(-)	Pekerjaan selesai lebih cepat daripada rencana dengan menelan biaya diatas anggaran.

Sumber: Soeharto (1999)

### 2.3.2.2 Cost Performance Index dan Schedule Performance Index

Faktor efisiensi biaya yang telah dikeluarkan dapat diperlihatkan dengan membandingkan nilai pekerjaan secara fisik telah diselesaikan (BCWP) dengan biaya yang telah dikeluarkan di periode yang sama (ACWP). Rumus untuk mendapatkan *Cost Performance Index* adalah:

$$CPI = BCWP / ACWP \quad (2-4)$$

Sumber: Soeharto (1999)

Nilai *Cost Performance Index* (CPI) ini menunjukkan bobot nilai yang diperoleh (relatif terhadap nilai proyek keseluruhan) terhadap biaya yang dikeluarkan. CPI kurang dari 1 menunjukkan biaya yang lebih buruk karena biaya yang dikeluarkan (ACWP) lebih besar dibandingkan nilai pekerjaan secara fisik yang telah diselesaikan (BCWP) atau dengan kata lain terjadi pemborosan.

Faktor efisiensi kinerja dalam menyelesaikan pekerjaan dapat diperlihatkan oleh perbandingan antara nilai pekerjaan yang secara fisik telah diselesaikan (BCWP) dengan rencana pengeluaran biaya yang dikeluarkan berdasar rencana pekerjaan (BCWS). Rumus untuk mendapatkan *Schedule Performance Index* adalah:

$$SPI = BCWP / BCWS$$

(2-5)

Sumber: Soeharto (1999)

Nilai *Schedule Performance Index* (SPI) menunjukkan seberapa besar pekerjaan yang mampu diselesaikan (relatif terhadap proyek keseluruhan) terhadap satuan pekerjaan yang direncanakan. Nilai SPI kurang dari 1 menunjukkan bahwa kinerja pekerjaan tidak sesuai dengan yang diharapkan karena tidak mampu mencapai target pekerjaan yang sudah direncanakan.

Dalam peninjauan lebih lanjut dilakukan pada angka indeks kinerja, maka akan terlihat hal-hal pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3

Analisis Indeks Performansi

Indeks	Nilai	Keterangan
SPI	$SPI > 1$	Progres aktual lebih dari rencana, terjadi percepatan proyek terhadap rencana ( <i>schedule overrun</i> )
	$SPI < 1$	Progres aktual kurang dari rencana, terjadi keterlambatan proyek terhadap rencana ( <i>schedule underrun</i> )
CPI	$CPI > 1$	Pembiayaan aktual kurang dari rencana ( <i>cost underrun</i> )
	$CPI < 1$	Pembiayaan aktual lebih dari rencana ( <i>cost overrun</i> )

Sumber: Husen (2011)

## 2.4 Penyebab Keterlambatan

Beberapa penyebab keterlambatan yang dikelompokkan menjadi tiga bagian menurut Lewis (2000) yaitu:

1. *Excusable non Compensable delays*, penyebab keterlambatan yang paling sering mempengaruhi waktu pelaksanaan proyek pada keterlambatan tipe ini, yaitu:
  - a. *Act of god*
  - b. *Forse majeure*
  - c. Cuaca
2. *Excusable Compensable Delays*, keterlambatan ini disebabkan oleh *owner*, *client*, kontraktor berhak atas perpanjangan waktu dan claim atas keterlambatan tersebut. Penyebab keterlambatan yang termasuk dalam *compensable* dan *excusable delay* adalah:
  - a. Terlambatnya penyerahan secara total lokasi (*site*) proyek.
  - b. Terlambatnya pembayaran kepada pihak kontraktor.
  - c. Kesalahan pada gambar dan spesifikasi.
  - d. Terlambatnya pendetailan pekerjaan.
3. *Non excusable delays*, keterlambatan ini merupakan tanggung jawab dari kontraktor, karena kontraktor memperpanjang waktu pelaksanaan pekerjaan. Sehingga melewati

tanggal penyelesaian yang telah disepakati, yang sebenarnya penyebab keterlambatan dapat diramalkan dan dihindari oleh kontraktor. Dengan demikian pihak *owner client* dapat meminta *monetary damages* untuk keterlambatan tersebut. Adapun penyebabnya antara lain:

- a. Kesalahan mengkoordinasikan pekerjaan, bahan serta peralatan
- b. Kesalahan dalam keuangan pengelolaan proyek
- c. Kesalahan dalam penyerahan *shop drawing*/gambar kerja
- d. Kesalahan dalam mempekerjakan personil yang tidak cakap

## 2.5 Akibat Keterlambatan Proyek

Menurut Lewis (2000), keterlambatan berdampak pada perencanaan semula serta pada masalah keuangan. Keterlambatan dalam suatu proyek konstruksi memperpanjang durasi proyek atau meningkatkan biaya maupun kedua-duanya.

Adapun dampak keterlambatan pada *owner* adalah hilangnya *potencial income* dari fasilitas yang dibangun tidak sesuai waktu yang ditetapkan, sedangkan pada kontraktor adalah hilangnya kesempatan untuk menempatkan sumber dayanya ke proyek lain, meningkatnya biaya tidak langsung (*indirect cost*) karena bertambahnya pengeluaran untuk gaji karyawan, sewa peralatan serta mengurangi keuntungan.

## 2.6 Mengatasi Keterlambatan

Menurut Dipohusodo (1996), selama proses konstruksi selalu saja muncul gejala kelangkaan periodik atas material material yang diperlakukan, berupa material dasar atau barang jadi baik yang lokal maupun import. Cara penanganannya sangat bervariasi tergantung pada kondisi proyek, sejak yang ditangani langsung oleh staf khusus dalam organisasi sampai bentuk pembagian porsi tanggung jawab diantara pemberi tugas, kontraktor dan sub kontraktor, sehingga penawaran material suatu proyek dapat datang dari sub kontraktor, pemasok atau agen, importer, produsen atau industri, yang kesemuanya mengacu pada dokumen perencanaan dan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan. Cara mengendalikan keterlambatan antara lain:

1. Mengarahkan sumber daya tambahan
2. Melepas rintangan rintangan, ataupun upaya upaya lain untuk menjamin agar pekerjaan meningkat dan membawa kembali ke garis rencana
3. Jika tidak mungkin tetap pada garis rencana semula mungkin diperlukan revisi jadwal, yang untuk selanjutnya dipakai sebagai dasar penilaian kemajuan pekerjaan pada saat

berikutnya.

## 2.7 Perencanaan Proyek

Perencanaan adalah suatu tahapan dalam manajemen proyek yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran sekaligus menyiapkan segala program teknis dan administratif agar dapat diimplementasikan (Husen, 2011).

Tujuan dari perencanaan adalah melakukan usaha untuk memenuhi persyaratan spesifikasi proyek yang ditentukan dalam batasan biaya, mutu dan waktu ditambah dengan terjaminnya faktor keselamatan (*safety*).

Hasil dari perencanaan adalah dasar acuan bagi kegiatan selanjutnya seperti pelaksanaan dan pengendalian. Dalam perencanaan harus bisa mengantisipasi situasi dan hal hal yang tidak pasti, hal ini terjadi karena proses perencanaan merupakan peramalan yang bergantung pada pengetahuan teknis dan subjektivitas perencana. Untuk itu dibutuhkan penyempurnaan dan tindakan koreksi sesuai dengan perkembangan kondisi proyek.

## 2.8 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek.

Menurut Husen (2011) secara umum penjadwalan memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan kegiatan mengenai batas batas waktu untuk mulasi dan akhir dari masing masing tugas.
2. Memberikan sarana bagi manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realistis dalam penentuan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu.
3. Memberikan sarana untuk menilai kemajuan proyek.
4. Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, dengan harapan proyek dapat selesai sebelum waktu ditetapkan.
5. Memberikan kepastian waktu pelaksanaan proyek.
6. Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

## 2.9 Precedence Diagram Method (PDM)

PDM diciptakan untuk mengakomodasi kebutuhan perhitungan kegiatan-kegiatan *overlapping* yang sulit dilakukan oleh CPM atau PERT. CPM atau PERT mengenal istilah

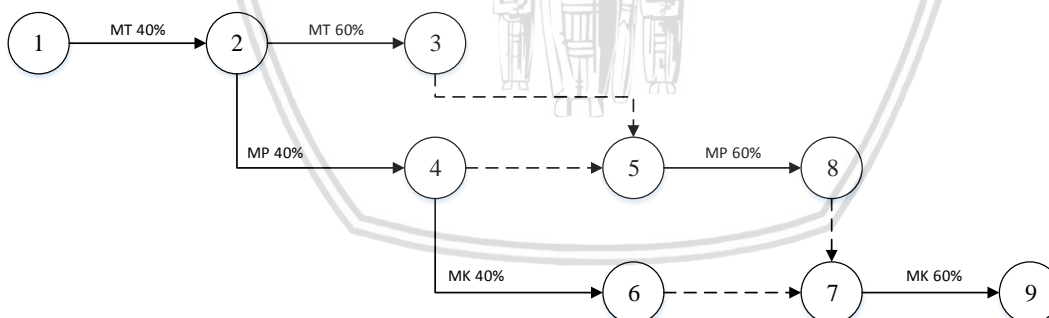


*ladder diagram* yang memang digunakan untuk perhitungan *overlapping*. Namun untuk proyek dengan skala besar serta jumlah kegiatan yang banyak dan rumit, *ladder diagram* akan menjadi tidak efisien. Dalam PDM kegiatan *overlapping* dapat digambarkan dengan mudah dan sederhana.

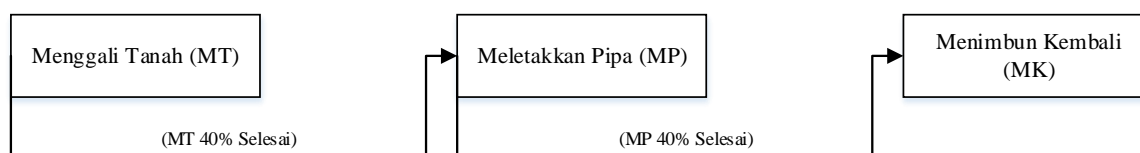
Aturan dasar CPM atau AOA mengatakan bahwa suatu kegiatan boleh dimulai setelah pekerjaan terdahulu (*predecessor*) selesai, maka untuk proyek dengan rangkaian kegiatan yang tumpang tindih (*overlapping*) dan berulang-ulang memerlukan garis *dummy* yang banyak sekali, sehingga tidak praktis dan kompleks. Sebagai contoh, Gambar 2.4 memperlihatkan jaringan kerja AOA proyek memasang pipa, yang terdiri dari kegiatan-kegiatan menggali tanah, meletakkan pipa dan menimbun kembali. Misalkan setelah diteliti untuk mempersingkat waktu, komponen kegiatan proyek dilaksanakan secara tumpang tindih, yaitu pekerjaan meletakkan pipa dimulai setelah pekerjaan menggali tanah selesai 40 persen dari panjang keseluruhan, jadi tidak perlu menunggu selesai 100 persen. Dapat dilihat pada Gambar 2.4 jaringan kerja dengan metode CPM dan Gambar 2.5 dengan metode PDM. Terlihat jelas perbedaan dari kedua metode ini. CPM dengan *dummy* dan *ladder diagram*nya terlihat lebih rumit dan tidak praktis dibandingkan dengan metode PDM.



Gambar 2.3 Proyek memasang pipa dengan metode AOA/CPM  
Sumber: Soeharto (1999)



Gambar 2.4 Kegiatan-kegiatan dipecah menjadi 40% dan 60% bagian  
Sumber: Soeharto (1999)



Gambar 2.5 Kegiatan seperti Gambar 2.3 disajikan dengan metode PDM  
Sumber: Soeharto (1999)

PDM merupakan konsep *network planning* yang berbentuk *Activity On Node* (AON) dimana tanda panah menyatakan keterkaitan antara kegiatan. Kegiatan-kegiatan tersebut ditulis dalam *node* yang berbentuk kotak segiempat, sedangkan anak panahnya hanya sebagai petunjuk kegiatan-



kegiatan yang bersangkutan. Dengan demikian *dummy* tidak diperlukan (Soeharto, 1999).

Ruang dalam *node* dibagi menjadi kompartmen-kompartmen berisi keterangan spesifik dari kegiatan dan peristiwa yang bersangkutan dan dinamakan atribut. Pengaturan denah (*layout*) kompartmen dan macam serta jumlah atribut yang hendak dicantumkan diantaranya adalah kurun waktu kegiatan (D), identitas kegiatan (nomor dan nama kegiatan), serta waktu mulai dan selesainya kegiatan (ES, LS, EF, dan LF). Contoh bentuk node pada PDM dapat dilihat pada Gambar 2.6.

Nomor Urut				Nomor dan Nama Kegiatan	
ES	Nama Kegiatan  (tanggal)	Kurun Waktu (D)  (tanggal)	EF	Tgl. Mulai: ES/LS	Kurun Waktu : D
-			-	Tgl. Selesai: EF/LF	Float Total : F
LS			LF	Progres Penyelesaian (%)	

Gambar 2.6 Node PDM  
Sumber: Soeharto (1999)

Adapun penjelasan beberapa istilah yang terdapat pada node PDM adalah:

1. *Early Start* (ES): waktu paling awal sebuah kegiatan dapat dimulai setelah kegiatan sebelumnya selesai. Bila waktu kegiatan dinyatakan atau berlangsung dalam jam, maka waktu ini adalah jam paling awal kegiatan dimulai.
2. *Late Start* (LS): waktu paling akhir sebuah kegiatan dapat diselesaikan tanpa memperlambat penyelesaian jadwal proyek.
3. *Early Finish* (EF): waktu paling awal sebuah kegiatan dapat diselesaikan jika dimulai pada waktu paling awalnya dan diselesaikan sesuai dengan durasinya. Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka EF suatu kegiatan terdahulu merupakan ES kegiatan berikutnya.
4. *Late Finish* (LF): waktu paling akhir sebuah kegiatan dapat dimulai tanpa memperlambat penyelesaian proyek (Widiasanti & Lenggogeni, 2013).

### 2.9.1 Konstrain, *Lead*, dan *Lag*

PDM tidak terbatas pada aturan dasar jaringan kerja CPM (Kegiatan boleh dimulai setelah kegiatan yang mendahuluinya selesai), maka hubungan antar kegiatan berkembang menjadi beberapa kemungkinan berupa konstrain. Konstrain menunjukkan hubungan antar kegiatan dengan satu garis dari node terdahulu ke node berikutnya. Satu kinstrauin hanya dapat menghubungkan dua node.

Soeharto (1999) menjelaskan karena setiap node memiliki dua ujung, yaitu ujung awal

atau mulai (S) dan ujung akhir atau selesai (F), maka ada empat macam konstrain, yaitu awal ke awal (SS), awal ke akhir (SF), akhir ke akhir (FF), dan akhir ke awal (FS). Pada garis konstrain dibubuhkan penjelasan mengenai waktu mendahului (*lead*) atau terlambat tertunda (*lag*).

1. Konstrain *Finish to Start* (FS)

Konstrain ini memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan sebagai  $FS(i-j) = a$  yang berarti kegiatan (j) mulai  $a$  hari, setelah kegiatan yang mendahuluinya (i) selesai. Proyek selalu menginginkan besar angka  $a$  sama dengan 0 kecuali bila dijumpai hal-hal tertentu, misalnya:

- a. Akibat iklim yang tak dapat dicegah
- b. Proses kimia atau fisika seperti waktu pengeringan adukan semen
- c. Mengurus perijinan

Jenis konstrain ini identik dengan kaidah utama jaringan kerja-CPM atau PERT, yaitu suatu kegiatan dapat mulai bila kegiatan yang mendahuluinya telah selesai.

2. Konstrain *Start to Start* (SS)

Memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Atau  $SS(i-j) = b$  yang berarti suatu kegiatan (j) mulai setelah  $b$  hari kegiatan terdahulu (i) mulai. Konstrain semacam ini terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100 persen, maka kegiatan (j) boleh mulai. Atau kegiatan (j) boleh mulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (i) selesai. Besar angka  $b$  tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan terdahulu, karena per definisi  $b$  adalah sebagian dari kurun waktu kegiatan terdahulu. Jadi, di sini terjadi kegiatan tumpang tindih.

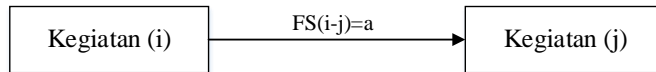
3. Konstrain *Finish to Finish* (FF)

Memberikan penjelasan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Atau  $FF(i-j) = c$  yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah  $c$  hari kegiatan terdahulu (i) selesai. Konstrain semacam ini mencegah selesainya suatu kegiatan mencapai 100%, sebelum kegiatan yang terdahulu telah sekian ( $= c$ ) hari selesai. Besar angka  $c$  tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan yang bersangkutan (j). Dari Gambar 2.5 sebagai contoh terlihat bahwa kegiatan (j) boleh mulai sembarang waktu, tetapi pada waktu kegiatan (i) selesai, harus masih ada porsi kegiatan (j) yang belum selesai. Jadi, misalkan selesainya kegiatan (i) terlambat, maka selesainya kegiatan (j) ikut terlambat.

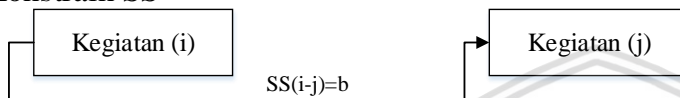
#### 4. Konstrain *Start to Finish* (SF)

Menjelaskan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Dituliskan dengan  $SF(i-j)=d$ , yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah  $d$  hari kegiatan (i) terdahulu mulai. Jadi, dalam hal ini sebagian dari porsi kegiatan terdahulu harus selesai sebelum bagian akhir kegiatan yang dimaksud boleh diselesaikan.

##### Konstrain FS



##### Konstrain SS



##### Konstrain FF



##### Konstrain SF



Catatan:

$b$  dan  $d$  disebut *lead time*

$a$  dan  $c$  disebut *lag time*

Gambar 2.7 Konstrain pada PDM

Sumber: Soeharto (1999)

### 2.9.2 Jalur dan Kegiatan Kritis

Pada metode jaringan kerja dikenal adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tencepat. Jadi, jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek (Soeharto, 1999).

Jalur kritis penting artinya bagi para pelaksana proyek karena pada jalur ini teletak kegiatan-kegiatan yang pelaksanaannya harus tepat waktu, selesai juga tepat waktu. Jika terjadi keterlambatan, maka menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.

### 2.9.3 Hitungan Maju

Dalam mengidentifikasi jalur kritis dipakai suatu cara yang disebut hitungan maju

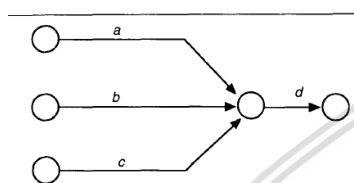
dengan aturan-aturan yang berlaku sebagai berikut.

1. Kecuali kegiatan awal maka suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan yang mendahuluinya (predecessor) telah selesai.
2. Waktu paling awal suatu kegiatan adalah  $= 0$
3. Waktu selesai paling awal suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan. Rumus sebagai berikut:

$$EF = ES + \text{Durasi Kegiatan} \quad (2-9)$$

Sumber: Soeharto (1999)

4. Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan pendahulunya, maka ES-nya adalah EF terbesar dari kegiatan-kegiatan tersebut.



Gambar 2.8 Kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan pendahulu  
Sumber: Soeharto (1999)

## 2.9.4 Hitungan Mundur

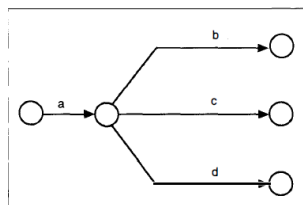
Perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu atau tanggal paling akhir kita masih dapat memulai dan mengakiri tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari perhitungan maju. Aturan yang berlaku dalam perhitungan mundur adalah:

1. Hitungan mundur dimulai dari ujung kanna yaitu dari hari terakhir penyelesaian proyek suatu jaringan kerja.
2. Waktu mulai paling akhir suatu kegiatan adalah sama dengan waktu selesai paling akhir, dikurangi kurun waktu kegiatan yang bersangkutan. Rumus sebagai berikut:

$$LS = LF - \text{Durasi Kegiatan} \quad (2-10)$$

Sumber: Soeharto (1999)

3. Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan berikutnya, maka waktu paling kecil akhir (LF) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang terkecil.



Gambar 2.9 Kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan berikutnya  
Sumber: Soeharto (1999)

### 2.9.5 Total Float dan Free Float

Pada perencanaan dan penyusunan jadwal proyek, dikenal suatu istilah yang disebut *float* yaitu suatu perhitungan yang menunjukkan fleksibilitas suatu kegiatan untuk dapat mulai dan selesai lebih lambat walaupun tetap dalam waktu yang diizinkan tanpa mengubah durasi atau kurun waktu proyek.

*Float* terdiri dari *Total Float* (TF) dan *Free Float* (FF). Berikut adalah penjelasan keduanya.

#### 1. Total Float (TF)

*Total Float* adalah jumlah waktu yang diperkenankan suatu kegiatan boleh ditunda, tanpa mempengaruhi jadwal proyek secara keseluruhan. Jumlah waktu tersebut sama dengan waktu yang didapat bila semua kegiatan terdahulu dimulai seawal mungkin, sedangkan kegiatan berikutnya dimulai selambat mungkin (Soeharto, 1999).

Rumus dalam menghitung *Total Float* adalah sebagai berikut:

- a. *Total Float* suatu kegiatan sama dengan waktu selesai paling akhir, dikurangi waktu selesai paling awal, atau waktu mulai paling akhir, dikurangi waktu mulai paling awal kegiatan.

- b. Rumus:  $TF = LF - EF = LS - ES$  (2.11)  
Sumber: Soeharto (1999)

Salah satu syarat yang menunjukkan bahwa suatu kegiatan kritis atau berada di jalur kritis adalah jika kegiatan tersebut memiliki  $TF = 0$ .

#### 2. Free Float (FF)

*Free Float* terjadi bila semua kegiatan pada jalur yang bersangkutan mulai seawal mungkin. Besarnya FF suatu kegiatan sama dengan sejumlah waktu dimana penyelesaian kegiatan tersebut dapat ditunda tanpa mempengaruhi waktu mulai paling awal dari kegiatan berikutnya (Soeharto, 1999). Perhitungan *Free Float* sebagai berikut:

- a. *Free Float* suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal (ES) dari kegiatan berikutnya dikurangi waktu selesai paling awal (EF) kegiatanyang dimaksud.

- b. Rumus:  $FF(ij) = ES(j) - EF(i)$  (2.12)  
Sumber: Soeharto (1999)

### 2.10 Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya (*Time Cost Trade Off*)

Ada banyak alasan untuk mencoba mengurangi durasi sebuah proyek. Diantaranya yaitu:

1. Terdapat *deadline* durasi proyek yang telah ditentukan jika terjadi keterlambatan dikenai



sanksi

2. Pemaknaan *time to market* dalam persaingan global
3. Terjadinya penundaan yang tidak terlihat sehingga membutuhkan kompresi waktu proyek (Gray & Larson, 2007)

Berikut beberapa metode yang dapat dilakukan (Gray & Larson, 2007).

1. Menambah Sumber Daya

Metode yang paling umum yaitu dengan menugaskan staf tambahan dan peralatan pada aktivitas. Hubungan penambahan pekerja dengan pengurangan waktu penyelesaian benar ketika tugas dapat dibagi-bagi sehingga komunikasi di antara pekerja menjadi sangat minimal. Penambahan tenaga kerja dimaksudkan sebagai penambahan jumlah pekerja dalam satu unit pekerja untuk melaksanakan suatu aktivitas tertentu tanpa menambahkan jam kerja. Dalam penambahan jumlah tenaga kerja yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang tersedia apakah terlalu sesak atau cukup lapang, karena penambahan tenaga kerja pada suatu aktivitas tidak boleh mengganggu pemakaian tenaga kerja untuk aktivitas yang lain yang sedang berjalan pada saat yang sama. Selain itu, harus diimbangi pengawasan karena ruang kerja yang sesak dan pengawasan yang kurang menurunkan produktivitas pekerja.

2. Penjadwalan Lembur

Cara yang paling mudah untuk menambahkan banyak tenaga kerja pada sebuah proyek bukanlah dengan menambahkan lebih banyak orang, akan tetapi dengan menjadwalkan lembur. Kerja lembur (*working time*) dapat dilakukan dengan menambah jam kerja perhari, tanpa menambah pekerja. Penambahan ini bertujuan untuk memperbesar produksi selama satu hari sehingga penyelesaian suatu aktivitas pekerjaan lebih cepat. Yang perlu diperhatikan di dalam penambahan jam kerja adalah lamanya waktu bekerja seseorang dalam satu hari. Jika seseorang terlalu lama bekerja selama satu hari, maka produktivitas orang tersebut menurun karena terlalu lelah.

Konsep *cost slope* bisa digunakan untuk menentukan waktu paling efisien untuk menyelesaikan proyek, dihubungkan dengan biayanya. Akan ada titik dalam durasi proyek di mana di titik itu dicapai biaya total optimum atau minimum. Langkah-langkah untuk melakukan minimasi biaya (pada umur paling efisien) bisa ditentukan setelah jaringan kerja dan perkiraan waktu didapat. Langkah-langkah tersebut adalah:

1. Ongkos langsung (*direct cost*)
  - a. Tentukan ongkos normal ( $C_n$ ), ongkos *crash* ( $C_c$ ), waktu normal ( $T_n$ ), dan waktu *crash* ( $T_c$ ) untuk setiap kegiatan.



- b. Tentukan ongkos minimal dari kegiatan yang ada untuk pengurangan umur proyek dengan satu unit waktu (hari/ minggu). Ini dilakukan untuk kegiatan-kegiatan yang berada dalam lintasan kritis dengan biaya per satuan waktu yang minimal (*cost slope* minimum). Jika ada dua lintasan kritis, maka dipilih lintasan yang total pengurangan biayanya maksimum untuk pengurangan 1 unit waktu.
  - c. Lakukan proses yang sama untuk mengurangi umur proyek untuk unit waktu yang kedua.
  - d. Ulangi proses sampai proyek benar-benar menghabiskan selisih waktu normal dan waktu crash untuk pekerjaan yang kritis (berada dalam lintasan kritis).
2. Ongkos tidak langsung (*indirect cost*)
- Tentukan ongkos tidak langsung proyek untuk waktu normal dan waktu *crash* dan untuk waktu antara keduanya.
3. Ongkos total (*total cost*)
- a. Tambahkan ongkos tidak langsung ke ongkos langsung untuk mencari ongkos total pada beberapa waktu yang ada
  - b. Tentukan pada umur berapa biaya proyek minimal

### 2.10.1 Menentukan Biaya dan Waktu Normal

Waktu pelaksanaan pada kondisi normal dinamakan waktu normal ( $T_n$ ). Bilai tidak ada ketentuan lain, maka waktu pelaksanaan kegiatan dianggap berada pada kondisi normal. Sedangkan ongkos pelaksanaan suatu kegiatan pada kondisi normal dinamakan biaya normal ( $C_n$ ). Penambahan tenaga kerja atau kerja lembur bisa mengurangi waktu normal. Penambahan tenaga kerja tersebut berarti penambahan biaya. Waktu normal biasanya merupakan waktu terpanjang bagi suatu kegiatan sedangkan biaya normal adalah biaya yang paling murah (Santosa, 2009).

### 2.10.2 Menentukan *Crash Duration* dan *Cost Slope*

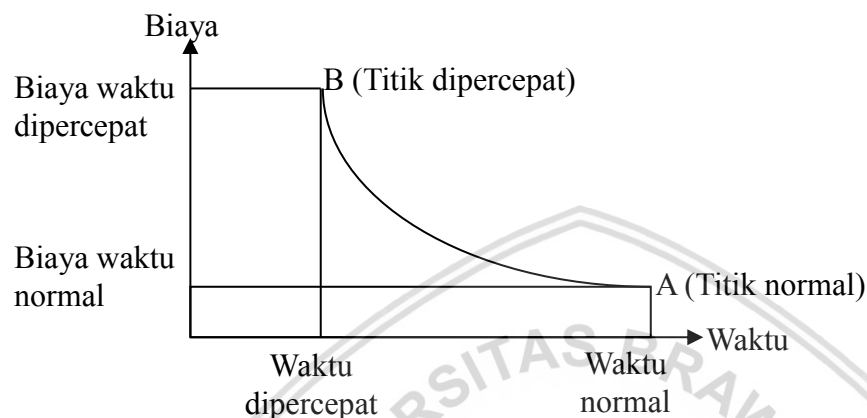
*Crash duration* merupakan waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin, sedangkan *cost slope* merupakan pertambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktivitas. Bila semua sumber daya yang dimiliki perusahaan dikerahkan sehingga suatu kegiatan bisa diselesaikan secepat mungkin, kegiatan tersebut dikatakan *Crashed*. Kondisi *crashed* tidak hanya berhubungan dengan waktu tercepat tetapi juga dengan biaya terbesar. Waktu terpendek yang mungkin dari aktivitas yang realistis dapat diselesaikan disebut *Crash Time* ( $T_c$ ). Biaya langsung untuk menyelesaikan sebuah aktivitas

dalam *crash time*-nya disebut *crash cost* ( $C_c$ ). Dalam kondisi *crashed* waktu pelaksanaan kegiatannya adalah  $T_c$ , biayanya  $C_c$ . Lebih jelasnya lihat ilustrasi pada Gambar 2.11.

Garis yang berhubungan dua titik dalam Gambar 2.11 dinamakan *Cost Slope*. Untuk suatu Aktivitas mempunyai *cost-slope* tersendiri. Besarnya *cost slope* adalah:

$$\text{Rumus: } \text{Cost Slope} = (C_c - C_n) / (T_n - T_c) \quad (2-13)$$

Sumber: Soeharto (1999)



Gambar 2.10 Hubungan waktu - biaya pada keadaan normal dan dipersingkat untuk satu kegiatan  
Sumber: Soeharto (1999)

Biaya total proyek sangat bergantung dari waktu penyelesaian proyek. Hubungan antara biaya dengan waktu dapat dilihat pada Gambar 2.10. Titik A pada gambar menunjukkan kondisi normal, sedangkan titik B menunjukkan kondisi dipercepat. Garis yang menghubungkan antar titik tersebut disebut dengan kurva waktu biaya. Gambar 2.11 memperlihatkan bahwa semakin besar penambahan jumlah jam kerja (lembur) maka akan semakin cepat waktu penyelesaian proyek, akan tetapi sebagai konsekuensinya maka terjadi biaya tambahan yang harus dikeluarkan akan semakin besar.

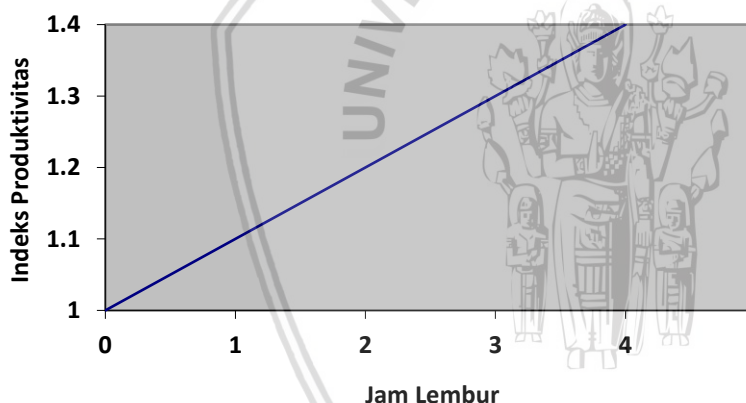
## 2.11 Produktivitas Pekerja

Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara *output* dan *input*, atau dapat dikatakan sebagai rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Di dalam proyek konstruksi, rasio dari produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi; yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, metode, dan alat. Kesuksesan dari suatu proyek konstruksi salah satunya tergantung pada efektifitas pengelolaan sumber daya, dan pekerja adalah salah satu sumber daya yang tidak mudah untuk dikelola. Upah yang diberikan sangat tergantung pada kecakapan masing-masing pekerja dikarenakan setiap pekerja memiliki karakter masing-masing yang berbeda-beda satu sama lainnya.

## 2.12 Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Salah satu strategi untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam kerja (lembur) para pekerja. Penambahan dari jam kerja (lembur) ini sangat sering dilakukan dikarenakan dapat memberdayakan sumber daya yang sudah ada di lapangan dan cukup dengan mengefisienkan tambahan biaya yang akan dikeluarkan oleh kontraktor. Biasanya waktu kerja normal pekerja adalah 8 jam (dimulai pukul 08.00 WIB dan selesai pukul 17.00 WIB dengan satu jam istirahat), kemudian jam lembur dilakukan setelah jam kerja normal selesai.

Penambahan jam kerja (lembur) bisa dilakukan dengan melakukan penambahan 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. Semakin besar penambahan jam lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas. Indikasi dari penurunan produktivitas pekerja terhadap penambahan jam kerja (lembur) dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.11 Grafik indikasi penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja  
Sumber: Soeharto (1999)

Dari uraian di atas dapat ditulis sebagai berikut ini:

1. Produktivitas harian

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} \quad (2-14)$$

Sumber: Soeharto (1999)

2. Produktivitas tiap jam

$$= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja perhari}} \quad (2-15)$$

Sumber: Soeharto (1999)

3. Produktivitas harian sesudah *crash*

$$= (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas/jam}) \quad (2-16)$$

Sumber: Soeharto (1999)

dengan:

a = lama penambahan jam kerja (lembur)

b = koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (lembur)

Nilai koefisien penurunan produktivitas tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.4.

#### 4. *Crash duration*

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian sesudah crash}} \quad (2-17)$$

Sumber: Soeharto (1999)

Tabel 2.4

Koefisien Penurunan Produktivitas

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja (%)
1 jam	0,1	90
2 jam	0,2	80
3 jam	0,3	70
4 jam	0,4	60

Sumber: Soeharto (1999)

### 2.13 Pelaksanaan Penambahan Tenaga Kerja

Dalam penambahan jumlah tenaga kerja yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang tersedia apakah terlalu sesak atau cukup lapang, karena penambahan tenaga kerja pada suatu aktivitas tidak boleh mengganggu pemakaian tenaga kerja untuk aktivitas yang lain yang sedang berjalan pada saat yang sama. Selain itu, harus diimbangi pengawasan karena ruang kerja yang sesak dan pengawasan yang kurang akan menurunkan produktivitas pekerja. Produktivitas penambahan tenaga kerja dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$\text{Produktivitas percepatan} = \frac{(\text{Produktivitas normal} \times \text{Jumlah pekerja percepatan})}{(\text{Jumlah pekerja normal})} \quad (2-18)$$

Sumber: Soeharto (1999)

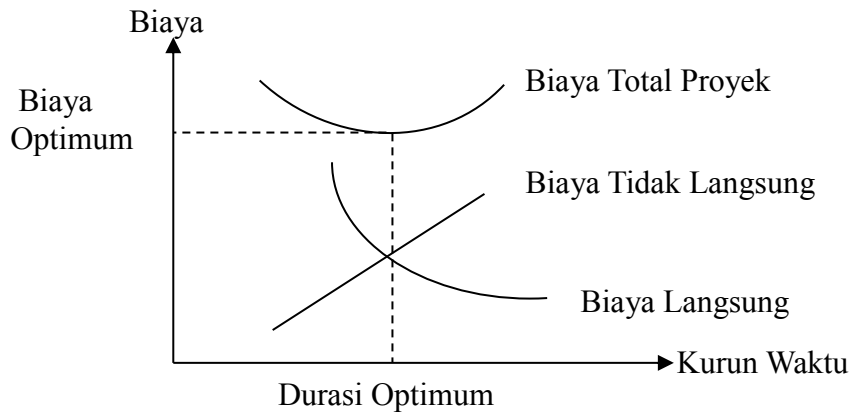
$$\text{Durasi percepatan} = \text{Volume} / \text{Produktivitas percepatan} \quad (2-19)$$

Sumber: Soeharto (1999)

Dari rumus di atas maka diketahui durasi percepatan jika suatu aktivitas ditambah tenaga kerjanya.

### 2.14 Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya total proyek sama dengan penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Gambar 2.12 menunjukkan hubungan biaya langsung, biaya tak langsung dan biaya total dalam suatu grafik dan terlihat bahwa biaya optimum didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkecil.



Gambar 2.12 Grafik hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung, dan biaya tak langsung  
Sumber: Soeharto (1999)

### 2.15 Biaya Denda

Keterlambatan penyelesaian proyek menyebabkan kontaktor terkena sanksi berupa denda yang telah disepakati dalam dokumen kontrak. Besarnya biaya denda umumnya dihitung sebagai berikut.

$$\text{Total denda} = \text{total waktu keterlambatan} \times \text{denda perhari akibat keterlambatan} \quad (2-20)$$

Sumber: Arfianto (2016)

Keterangan:

Denda perhari akibat keterlambatan sebesar 1/1000 dari nilai kontrak.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Pada bagian metode penelitian dijelaskan mengenai pendekatan, metode, teknik dan langkah-langkah terstruktur dalam melakukan penelitian mulai dari pengumpulan data serta cara analisis data yang dapat membantu mendeskripsikan masalah sampai mendapatkan penyelesaian atas masalah yang diteliti. Dengan adanya metodologi penelitian, penyusunan skripsi akan memiliki alur yang terarah dan sistematis.

#### **3.1 Metode Penelitian**

Dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian evaluatif, yaitu suatu penelitian yang diupayakan untuk mengevaluasi kemajuan proyek pembangunan Gedung Asrama Sekolah. Penelitian evaluatif dimaksudkan untuk mengukur keberhasilan suatu program, produk atau kegiatan tertentu (Danim, 2000). Sedangkan evaluasi sendiri adalah kegiatan untuk mengumpulkan informasi tentang bekerjanya sesuatu, yang selanjutnya informasi tersebut digunakan untuk menentukan alternatif yang tepat dalam mengambil keputusan (Arikunto, 2007).

Objek penelitian ini adalah proyek konstruksi gedung asrama yang terletak di provinsi Bengkulu. Berdasarkan laporan mingguan proyek terjadi deviasi antara rencana proyek dan realisasi proyek sebesar 7,18%. Berdasarkan kondisi tersebut akan dilakukan evaluasi proyek dengan metode konsep nilai hasil (*earned value*) dengan menghitung besarnya biaya yang menurut anggaran sesuai dengan pekerjaan yang telah diselesaikan atau dilaksanakan (*Budgeted Cost of Work Performed*). Kemudian akan dilakukan percepatan proyek dengan tujuan agar proyek selesai sesuai dengan rencana dengan menggunakan metode *Presedence Diagram*.

#### **3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada perusahaan konstruksi yang melaksanakan proyek Konstuksi Gedung asrama sekolah di provinsi Bengkulu. Penelitian ini dilakukan mulai bulan Maret 2017 sampai dengan selesai.

#### **3.3 Tahap Penelitian**

Langkah-langkah penelitian merupakan tahapan kegiatan penelitian yang tersusun urut



dan sistematis. Adapun langkah penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Lapangan

Dalam tahap ini dilakukan dengan mengamati kondisi riil yang terjadi di lapangan untuk mengetahui bagaimana sistem yang sedang berlangsung pada pelaksanaan proyek.

2. Identifikasi Masalah

Setelah itu mengidentifikasi permasalahan yang terjadi berdasarkan pengamatan yang dilakukan dengan mempelajari teori-teori ilmiah yang berkaitan dengan pengamatan yang dilakukan.

3. Perumusan Masalah

Tahap ini merupakan hasil dari tahap identifikasi masalah. Topik penelitian dan identifikasi masalah yang telah diperoleh, digunakan sebagai acuan dalam menentukan rumusan masalah yang menjadi fokus penelitian.

4. Penetapan Tujuan & Manfaat Penelitian

Tahap selanjutnya adalah menentukan tujuan dan manfaat dari penelitian yang dilakukan. Tujuan digunakan sebagai target yang ingin dicapai dari penelitian ini sedangkan manfaat merupakan keuntungan yang diperoleh setelah dilakukan penelitian.

5. Pengumpulan Data Proyek

Data-data yang disebutkan pada sub bab sebelumnya diperoleh dengan berbagai metode. Adapun metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. *Field Research*

Metode pengambilan data ini dilakukan dengan cara terjun langsung ke obyek penelitian. Cara pengumpulan data dengan metode ini antara lain sebagai berikut:

- 1) Wawancara

Metode pengumpulan data dengan mengadakan tanya jawab secara langsung dengan pihak-pihak yang berhubungan langsung dengan obyek penelitian.

- 2) Dokumentasi

Metode pengumpulan data berdasarkan arsip dan dokumentasi yang dimiliki perusahaan yang dapat berhubungan dengan bidang dan obyek penelitian.

- b. *Literature Research*

Metode pengumpulan data dengan cara mengumpulkan data-data teori yang berhubungan dalam bidang yang diteliti dengan tujuan untuk mencari solusi ilmiah permasalahan yang diteliti. Studi pustaka yang digunakan dapat berupa buku literatur dan jurnal yang berkaitan dengan manajemen proyek, penjadwalan proyek dan pengendalian proyek.

Pengumpulan data atau informasi dari suatu pelaksanaan proyek konstruksi yang sangat bermanfaat untuk evaluasi waktu dan biaya secara keseluruhan. Data yang diperlukan adalah data sekunder yaitu data yang diperoleh dari instansi yang terkait seperti kontraktor, konsultan pengawas, dan lain-lain. Variabel yang sangat mempengaruhi dalam pengoptimalan waktu dan biaya pelaksanaan proyek ini adalah variabel waktu dan variabel biaya.

a. Variabel Waktu

Data yang mempengaruhi variabel waktu diperoleh dari kontraktor objek pengamatan. Data yang dibutuhkan untuk variabel waktu adalah :

1) Data *cumulative progress* (kurva-S), meliputi :

- a) Jenis kegiatan
- b) Prosentase kegiatan
- c) Durasi kegiatan

2) Rekapitulasi perhitungan biaya proyek.

b. Variabel biaya

Semua data-data yang mempengaruhi variabel biaya diperoleh dari kontraktor objek pengamatan. Data-data yang diperlukan dalam variabel biaya antara lain :

1) Daftar rencana anggaran biaya (RAB) penawaran, meliputi :

- a) Jumlah biaya normal
- b) Durasi normal

2) Daftar-daftar harga bahan dan upah.

3) Analisis harga satuan.

Data proyek yang diperlukan untuk penelitian ini yaitu sebagai berikut:

a. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

b. *Time schedule*

c. Laporan kemajuan mingguan.

d. Biaya tidak langsung

6. Pengolahan Data

Data-data yang telah diperoleh dari tahap sebelumnya, diolah menggunakan metode-metode yang relevan dengan permasalahan yang dihadapi. Adapun langkah-langkah pengolahan data adalah sebagai berikut:

a. Perhitungan variansi biaya dan jadwal dengan metode EVA

b. Membuat network planning dengan metode pdm dan identifikasi jalur kritis

c. Pemilihan alternatif aktivitas yang dapat dipercepat

- d. Identifikasi biaya proyek
- e. Penerapan metode *time cost trade off*

7. Analisis dan pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisis dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan, antara lain analisis durasi dan biaya sebelum dan sesudah adanya jam lembur, analisis durasi dan biaya sebelum dan sesudah adanya penambahan tenaga kerja, analisis durasi dan biaya total optimal dari percepatan proyek, serta analisis perbandingan penambahan biaya akibat penambahan jam kerja, tenaga kerja dan denda jika terjadi keterlambatan.

8. Rekomendasi Perbaikan

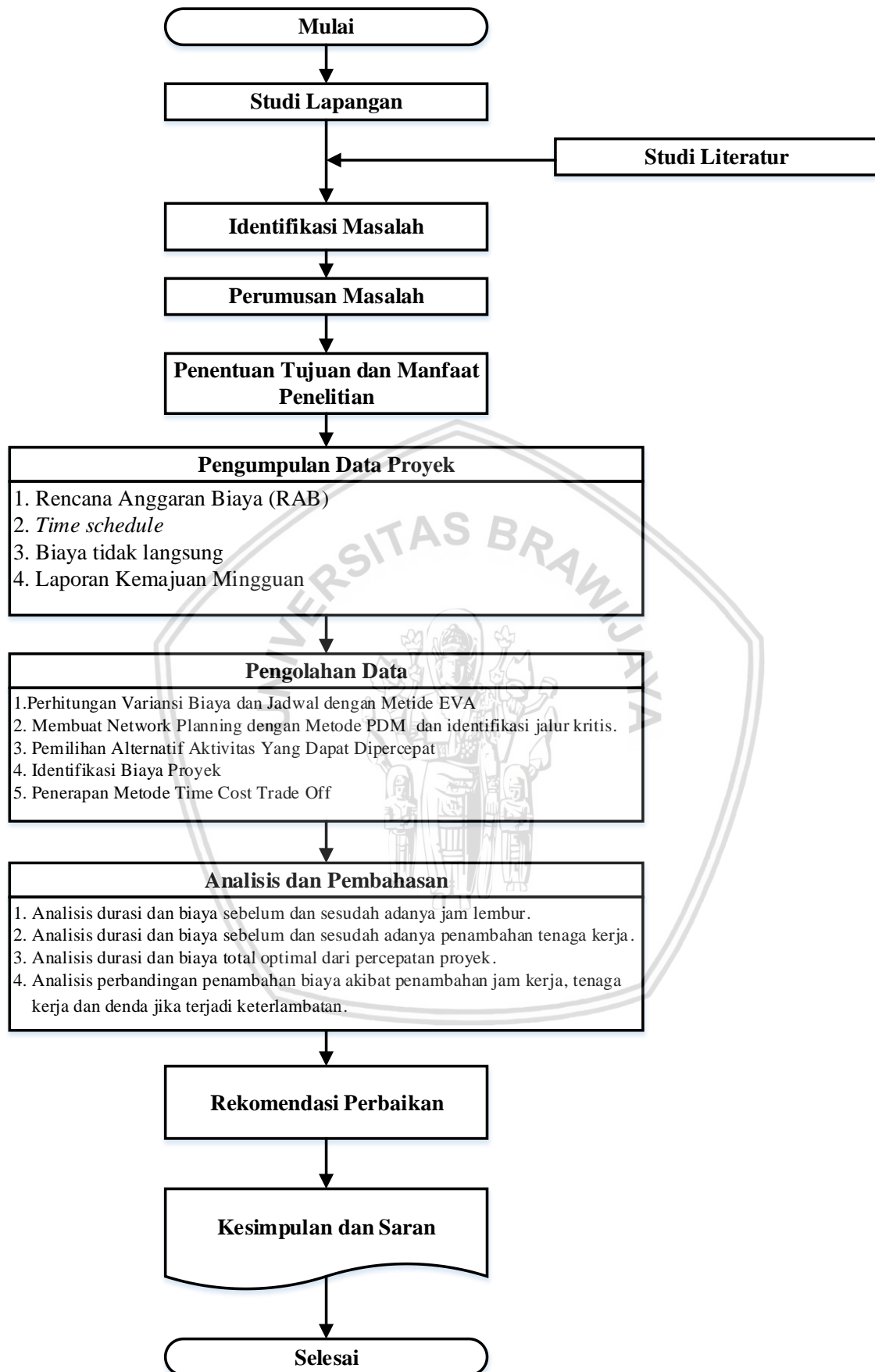
Pada tahap rekomendasi perbaikan diberikan rencana percepatan proyek yang telah diperoleh dari hasil analisis pertukaran waktu dan biaya. Rekomendasi percepatan proyek dipilih berdasarkan waktu pelaksanaan yang lebih cepat dengan mempertimbangkan biaya pelaksanaan proyek. Rekomendasi diberikan dalam bentuk rancangan jaringan kerja dan jadwal pelaksanaan Proyek Gedung Asrama.

9. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan pengambilan kesimpulan yang sesuai dengan tujuan dilakukannya penelitian ini, sekaligus saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini digambarkan oleh diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tahapan penelitian

Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

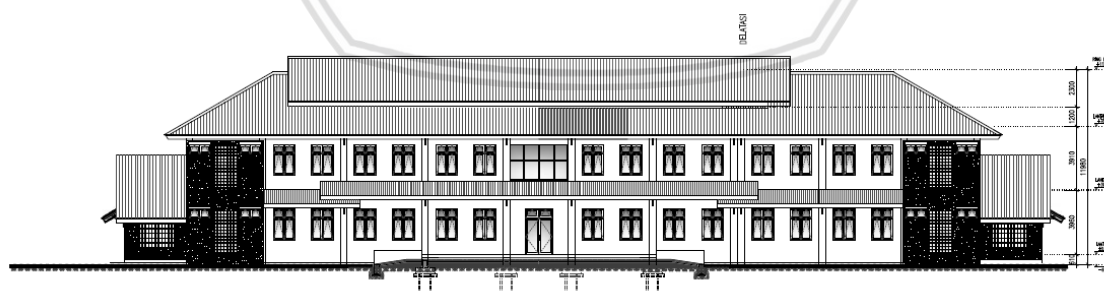
Bab ini berisi pembahasan mengenai permasalahan yang diambil dalam penelitian ini, yaitu evaluasi dengan *earned value analysis*, analisis penyebab keterlambatan proyek, rancangan jaringan kerja proyek, penentuan lintasan kritis proyek, penentuan aktivitas yang dapat dipercepat, percepatan proyek, serta analisis biaya dan waktu untuk menentukan rekomendasi yang terbaik bagi pelaksanaan proyek.

#### 4.1 Data Umum Proyek

Adapun gambaran umum dari Proyek Pembangunan Asrama Sekolah ini adalah:

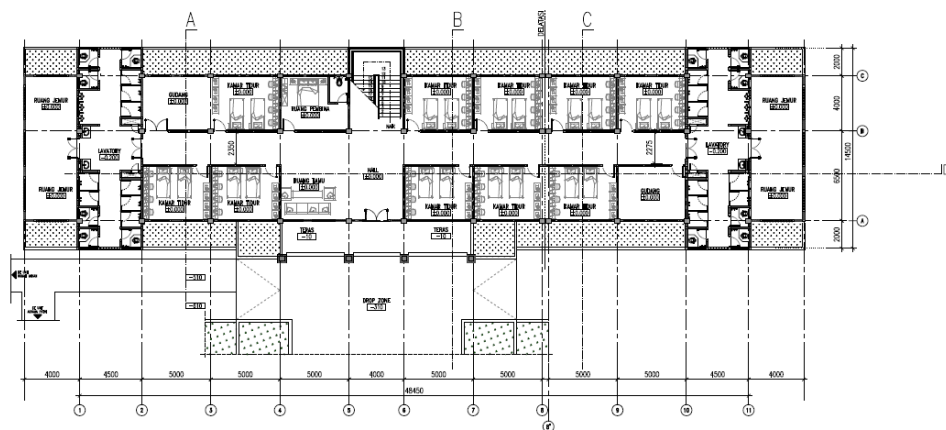
Anggaran Proyek	: Rp. 5,838,280,296
Waktu pelaksanaan	: 196 Hari kerja
Hari kerja	: Senin-Minggu
Jam kerja	: 08.00-12.00 & 13.00-17.00 WIB
Jam Lembur Maksimal	: 1 Jam (Pukul 17.00-18.00)

Untuk rincian Rencana Anggaran Biaya dan Rencana Time Schedule proyek dapat dilihat pada Lampiran.1. Proyek Konstruksi Asrama Sekolah ini terdiri dari pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur dan pekerjaan elektrik dan mekanikal. Proyek dilaksanakan mulai bulan September 2016 sampai dengan Maret 2017. Pada Gambar 4.1 – 4.5 merupakan rancangan gedung asrama pada proyek ini.



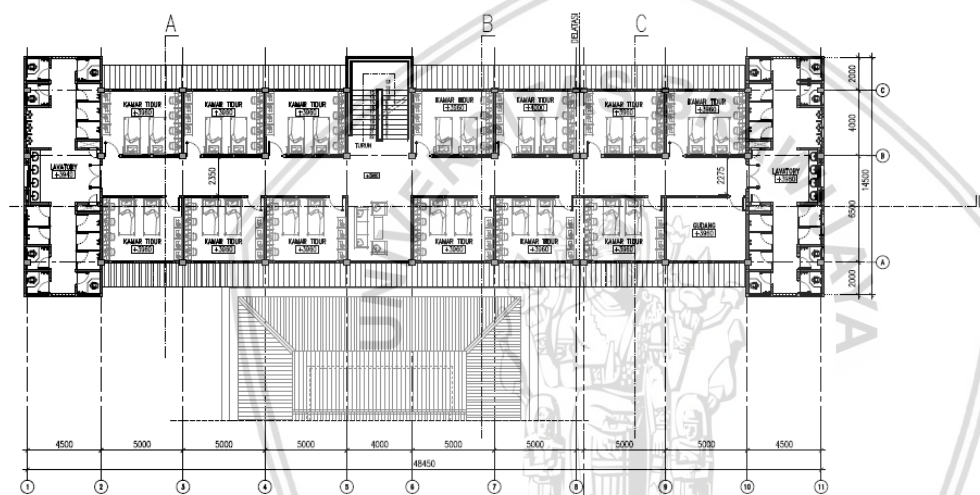
Gambar 4.1 Rancangan gedung asrama tampak depan  
Sumber: Perusahaan Pelaksana Proyek





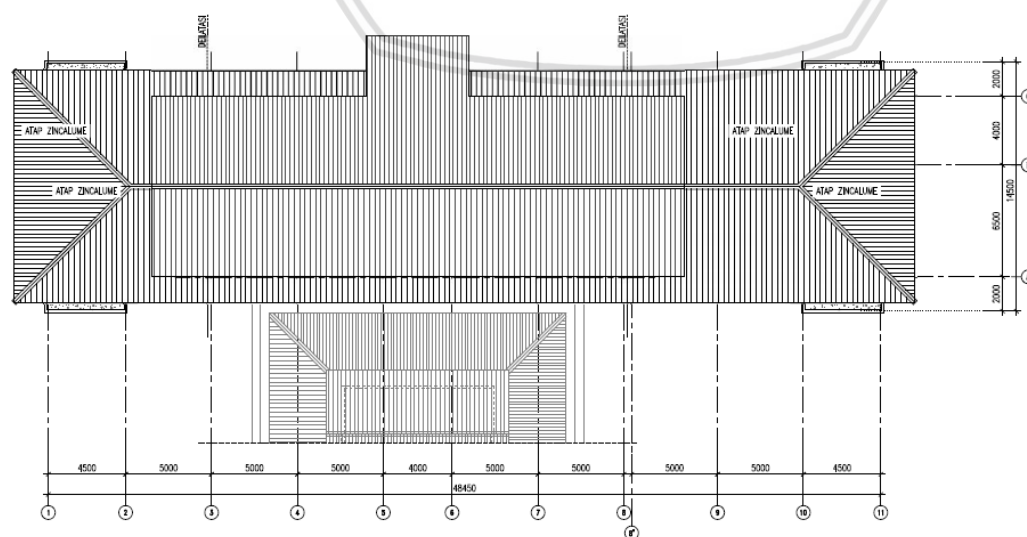
Gambar 4.2 Rancangan gedung asrama denah lantai 1

Sumber: Perusahaan Pelaksana Proyek



Gambar 4.3 Rancangan gedung asrama denah lantai 2

Sumber: Perusahaan Pelaksana Proyek



Gambar 4.4 Rancangan gedung asrama atap

Sumber: Perusahaan Pelaksana Proyek

*Gambar 4.5 Rancangan gedung asrama tampak belakang*  
Sumber: Perusahaan Pelaksana Proyek

## 4.2 Pengumpulan data

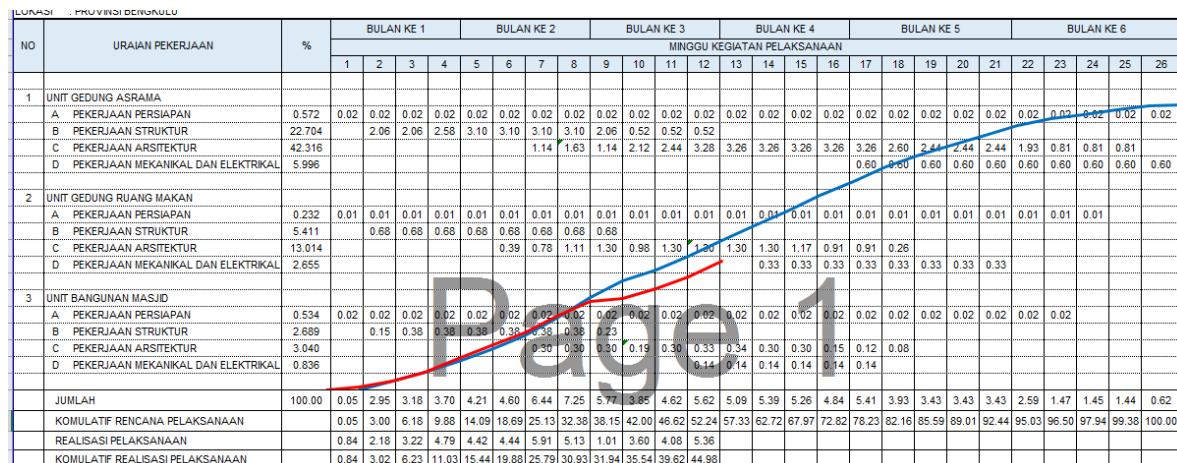
Terdapat beberapa data yang dibutuhkan untuk melakukan pengolahan data baik secara primer maupun sekunder. Data yang dikumpulkan secara primer yaitu diskusi urutan pekerjaan dan penyebab keterlambatan. Sedangkan untuk data sekunder yang meliputi data rencana anggaran biaya, *time schedule* (kurva S) perencanaan proyek, laporan mingguan dan biaya *overhead* dilakukan dengan dokumentasi.

### 4.2.1 RAB

Rencana anggaran biaya proyek berisi tentang uraian pekerjaan, volume, harga satuan, dan harga dari tiap-tiap pekerjaan. RAB proyek pembangunan asrama sekolah dapat dilihat pada Lampiran 1.

### 4.2.2 Kurva S

Pada realisasi proyek terdapat penurunan volume pekerjaan dibawah target realisasi proyek seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 oleh garis warna merah yang berada dibawah garis berwarna biru. Garis berwarna merah pada kurva S adalah kumulatif realisasi pelaksanaan sedangkan garis biru menunjukkan kumulatif rencana pelaksanaan.



Gambar 4.6 Perbandingan waktu penyelesaian rencana dan *existing time schedule*  
Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari kurva S realisasi tersebut dapat dilihat bahwa pada minggu ke 12 rencana dalam jadwal yaitu proyek telah mengerjakan 52,20% dari total pengerjaan namun realisasi pengerjaan dari proyek tersebut hanya mengerjakan 44,98% yang dapat dilihat pada Gambar 4.6. Berdasarkan hal tersebut terindikasi bahwa proyek gedung asrama sekolah mengalami keterlambatan proyek apabila dilihat dari waktunya.

#### **4.2.3 Work Breakdown Structure (WBS)**

Penyusunan aktivitas proyek digunakan untuk menggambarkan semua elemen proyek dalam sebuah kerangka hierarkis. Pada Lampiran 2 disajikan daftar aktivitas kerja dari proyek pembangunan Gedung Asrama Sekolah.

### **4.3 Pengolahan Data**

Pada bagian ini akan dibahas bagaimana pengolahan data pada penelitian ini diantaranya yaitu analisis kinerja proyek, analisis penyebab keterlambatan, perancangan jaringan kerja, pengidentifikasian lintasan kritis dan pemilihan alternatif pada lintasan kritis yang dapat dipercepat. Selain itu juga dibahas analisis jalur kritis pada jaringan kerja proyek untuk menentukan urutan percepatan, identifikasi biaya proyek serta yang terakhir penerapan metode *time cost trade off*.

#### **4.3.1 Earned Value Analysis (EVA)**

Perhitungan EVA menggunakan tiga indikator yaitu *Budgeted Cost Work Performed* (BCWP), *Actual Cost Work Performed* (ACWP), dan *Budget Cost Work Schedule* (BCWS). Pada penelitian ini evaluasi hanya dilakukan pada minggu ke 12 karena merupakan periode terakhir saat penelitian ini dilakukan, evaluasi dengan EVA bertujuan untuk mengetahui aktivitas apa saja yang tidak sesuai dengan rencana baik biaya maupun jadwal. Kemudian aktivitas yang tidak sesuai dengan rencana dilakukan analisis penyebab. Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar untuk melakukan penjadwalan proyek ulang pada minggu berikutnya hingga proyek selesai. Berikut merupakan pengolahan perhitungan indikator kinerja proyek dengan metode EVA.

##### **4.3.1.1 Perhitungan BCWS**

BCWS adalah perpaduan antara biaya, jadwal, dan lingkup kerja, di mana pada setiap elemen pekerjaan telah diberi alokasi biaya dan jadwal yang dapat menjadi tolak ukur dalam pelaksanaan pekerjaan. Dalam penelitian ini nilai BCWS yang dihitung adalah BCWS pada

periode ke-12. BCWS pada pekerjaan administrasi dan dokumentasi (A1) didapatkan dari jumlah bobot per aktivitas yang telah dikerjakan pada periode 12 sebesar 0,056 dibagi dengan total rencana bobot aktivitas tersebut sebesar 0,121. Adapun nilai bobot tersebut berasal dari laporan kemajuan proyek minggu ke-12. Berikut adalah contoh perhitungan BCWS pada pekerjaan A1.

$$\begin{aligned}
 \text{BCWS} &= \frac{\text{Jumlah bobot periode 12}}{\text{Bobot keseluruhan}} \times \text{Anggaran Rencana} \\
 &= \frac{0,056}{0,121} \times \text{Rp } 9.000.000 \\
 &= \text{Rp } 4.153.846,15
 \end{aligned}$$

#### 4.3.1.2 Perhitungan BCWP

BCWP merupakan nilai hasil dari sudut pandang nilai pekerjaan yang telah diselesaikan terhadap anggaran yang disediakan untuk melaksanakan pekerjaan tersebut. Nilai BCWP yang dihitung adalah jumlah total biaya yang dianggarkan hingga periode tertentu. Dalam penelitian ini nilai BCWP yang dihitung adalah periode ke-12. Berikut contoh perhitungan nilai anggaran untuk pekerjaan administrasi dan dokumentasi pada periode 12. *Planned Value* (PV) merupakan rencana anggaran yang telah di setujui, pada evaluasi ini rencana anggaran yang digunakan adalah rencana pada minggu ke-12. Perhitungan lengkap BCWP dapat dilihat pada Tabel 4.1.

$$\begin{aligned}
 \text{BCWP} &= \% \text{ Selesai} \times \text{Total PV} \\
 &= 46.67 \times \text{Rp } 4.153.846,15 \\
 &= \text{Rp } 1.938.461.54
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.1**  
**Perhitungan Kinerja Proyek**

KODE	TOTAL PV	BULAN KE 1				BULAN KE 2				MINGGU KEGIATAN PELAKSANAAN				BULAN KE 3											
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
		Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp
A1	Rp 4.153,846	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	Rp 346,154	
A2	Rp 553,846	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	Rp 46,154	
A3	Rp 923,077	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	Rp 76,923	
A4	Rp 10.582,381	Rp 10.582,381																							
A5	Rp 1.700,000	Rp 1.700,000																							
A6	Rp 12.000,000	Rp 800,000																							
B1	Rp 8.240,340	Rp 7.004,289	Rp 1.236,051																						
B2	Rp 955,667				Rp 955,667																				
B3	Rp 9.348,188				Rp 9.348,188																				
B4	Rp 33.614,873				Rp 11.429,057	Rp 11.204,658	Rp 1.672,950																		
C1	Rp 1.672,950																								
C2	Rp 110.880,000				Rp 36.980,000	Rp 33.284,000																			
C3	Rp 183.443,348				Rp 22.303,893	Rp 37.591,970																			
C4	Rp 44.607,785				Rp 3.347,514	Rp 3.347,514																			
C5	Rp 6.695,028				Rp 3.195,184																				
C6	Rp 3.195,184				Rp 9.895,752	Rp 9.895,752																			
C7	Rp 19.791,504				Rp 606,893	Rp 1.011,488																			
C8	Rp 1.618,381				Rp 33.191,132	Rp 36.879,036																			
C9	Rp 110.637,107				Rp 6.510,006	Rp 13.020,012	Rp 6.510,006																		
C10	Rp 26.040,025				Rp 24.739,380	Rp 49.478,760	Rp 24.739,380																		
D1	Rp 98.957,519				Rp 4.045,953	Rp 4.045,953																			
D2	Rp 8.091,906				Rp 30.202,102	Rp 44.295,416	Rp 46.309,990																		
D5	Rp 120.808,408				Rp 21.010,024	Rp 30.814,702	Rp 32.215,371																		
D6	Rp 84.040,097				Rp 16.448,871	Rp 24.122,078	Rp 25.218,536																		
D7	Rp 65.767,485				Rp 1.804,121	Rp 2.645,044	Rp 2.766,318																		
D8	Rp 7.216,483				Rp 3.310,884	Rp 4.855,963	Rp 5.076,689																		
D9	Rp 13.243,556																								
D10	Rp 13.626,114																								
D11	Rp 348.979,784				Rp 87.244,846	Rp 127.959,254	Rp 133.775,584																		
D12	Rp 4.354,604																								
E1	Rp 66.537,904																								
E4	Rp 93.597,506																								
E5	Rp 13.762,307																								
											</														



KODE	TOTAL PV	BULAN KE 1				BULAN KE 2				MINGGU KEGIATAN PELAKSANAAN				BULAN KE 3			
		1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
E6	Rp 22,233,327												Rp 11,116,663	Rp 11,116,663			
G1	Rp 9,476,313												Rp 4,739,157	Rp 4,739,157			
G2	Rp 12,951,553												Rp 6,475,777	Rp 6,475,777			
G3	Rp 3,622,836												Rp 1,811,418	Rp 1,811,418			
H1	Rp 187,214																
H2	Rp 43,215									Rp 43,215							
H3	Rp 146,589																
H4	Rp 410,005									Rp 146,589							
H5	Rp 1,573,723									Rp 410,005							
I1	Rp 131,478,510									Rp 1,573,723							
I2	Rp 125,307,132									Rp 13,147,851				Rp 13,147,851	Rp 13,147,851		
I3	Rp 23,033,638													Rp 45,724,921	Rp 45,724,921		
I4	Rp 7,178,019													Rp 11,516,819	Rp 11,516,819		
I5	Rp 14,808,291																
J1	Rp 8,828,421																
L7	Rp 21,815,237																
M1	Rp 9,903,677																
Q1	Rp 120,313,689													Rp 4,414,211	Rp 4,414,211		
Q2	Rp 63,710,806													Rp 21,815,237	Rp 21,815,237		
Q4	Rp 7,178,019													Rp 24,062,738	Rp 24,062,738		
R1	Rp 4,806,585													Rp 24,062,738	Rp 24,062,738		
X1	Rp 44,555,093													Rp 31,855,403	Rp 31,855,403		
Y1	Rp 37,375,000													Rp 7,178,019	Rp 7,178,019		
Y5	Rp 44,700,000													Rp 4,806,585	Rp 4,806,585		
AG1	Rp 42,523,500																
AG2	Rp 24,320,000													Rp 6,883,264	Rp 6,883,264		
Total PV by Period	Rp 1,069,231	Rp 131,741,128	Rp 125,364,677	Rp 153,548,292	Rp 125,087,771	Rp 263,981,899	Rp 344,779,009	Rp 359,438,385	Rp 188,469,491					Rp 21,261,750	Rp 21,261,750		
Kumulatif PV by Period	Rp 1,069,231	Rp 132,810,359	Rp 258,175,035	Rp 411,723,328	Rp 536,811,066	Rp 800,692,988	Rp 1,145,472,006	Rp 1,504,910,391	Rp 1,693,379,882	Rp 14,900,000	Rp 14,900,000	Rp 14,900,000		Rp 223,267,256	Rp 223,267,256		
														Rp 164,744,288	Rp 164,744,288		
														Rp 2,081,391,406	Rp 2,081,391,406		
														Rp 1,858,124,150	Rp 1,858,124,150		
														Rp 2,292,039,576	Rp 2,292,039,576		

Sumber: Hasil Pengolahan Data



#### 4.3.1.3 Perhitungan ACWP

ACWP adalah jumlah biaya aktual dari pekerjaan yang telah diselesaikan. Biaya ini diperoleh dari data-data akuntansi atau keuangan proyek pada tanggal pelaporan (misalnya akhir bulan), yaitu catatan segala pengeluaran biaya aktual dari paket kerja atau kode akuntansi termasuk perhitungan *overhead* dan lain-lain. Nilai ACWP yang dihitung adalah jumlah total biaya yang dianggarkan hingga periode tertentu.

#### 4.3.1.4 Perhitungan Variansi dan Jadwal

Perhitungan variansi dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan antara nilai estimasi dengan nilai aktual. Pada penelitian ini dilakukan dua perhitungan variansi yaitu *cost variance* (CV) dan *schedule variance* (SV). Berikut merupakan contoh perhitungan CV dan SV pada periode ke 1.

$$BCWP^{B3} = \text{Rp } 7.945.959,69$$

$$BCWS^{B3} = \text{Rp } 9.348.187,87$$

$$ACWP^{B3} = \text{Rp } 6.771.436,15$$

$$\begin{aligned} \text{Cost Variance (CV)}^{B3} &= BCWP^{B3} - ACWP^{B3} \\ &= \text{Rp } 7.945.959,69 - \text{Rp } 6.771.436,15 \\ &= 1.174.524 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Schedule Variance (SV)}^{B3} &= BCWP^{B3} - BCWS^{B3} \\ &= \text{Rp } 7.945.959,69 - \text{Rp } 9.348.187,87 \\ &= -1.402.228 \end{aligned}$$

Nilai  $CV > 0$  menunjukkan bahwa biaya yang dikeluarkan oleh pihak kontraktor lebih kecil dibandingkan anggaran yang direncanakan, tetapi nilai  $SV > 0$  menunjukkan bahwa pekerjaan B3 tidak sesuai dengan jadwal yang direncanakan atau terlambat. Hasil perhitungan variansi biaya dan jadwal periode ke-12 pengerjaan proyek dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2

Laporan Status Akhir Periode 12

Kode	Uraian Pekerjaan	% Selesai	BCWP (Rp)	ACWP (Rp)	BCWS (Rp)	CV	SV
A1	Pek. Administrasi dan Dokumentasi	46.67	1938461.54	4200000.00	4153846.15	-2261538	-2215385
A2	Pek. Pengadaan air kerja	46.67	258461.54	560000.00	553846.15	-301538	-295385
A3	Pek. Pengadaan listrik kerja	46.67	430769.23	933333.33	923076.92	-502564	-492308
A4	Pek. Pasangan bouwplank	100.00	10582380.52	9197461.35	10582380.52	1384919	0
A5	Pek. Pengukuran/setting out	46.67	793333.33	793333.33	1700000.00	0	-906667
A6	Pek. Mob dan Demob	50.00	6000000.00	9000000.00	12000000.00	-3000000	-6000000
B1	Pek. Galian tanah pile cap dan sloof	100.00	8240339.71	7701252.06	8240339.71	539088	0
B2	Pek. Urugan tanah kembali	100.00	955667.42	893147.13	955667.42	62520	0
B3	Pek. Urugan pasir	85.00	7945959.69	6771436.15	9348187.87	1174524	-1402228

Kode	Uraian Pekerjaan	% Selesai	BCWP (Rp)	ACWP (Rp)	BCWS (Rp)	CV	SV
B4	Pek. Pasangan batu kali 1:4	100.00	33614872.90	29202787.84	33614872.90	4412085	0
C1	Pek. Lantai kerja pile cap	100.00	1672949.98	1429469.63	1672949.98	243480	0
C2	Pek. Bore Pile dia. 40 cm	100.00	110880000.00	110880000.00	110880000.00	0	0
C3	Pek. Beton Bored Pile dia. 40 cm	100.00	163443348.37	139398350.27	163443348.37	24044998	0
C4	Pek. Beton Pile Cap PC1	100.00	44607785.03	38286978.77	44607785.03	6320806	0
C5	Pek. Beton Pile Cap PC2	100.00	6695027.80	5740721.70	6695027.80	954306	0
C6	Pek. Lantai kerja sloof	100.00	3195183.75	2730158.21	3195183.75	465026	0
C7	Pek. Kolom K1=30/40	100.00	19791503.86	16991544.10	19791503.86	2799960	0
C8	Pek. Kolom K2=15/25	100.00	1618381.29	1395047.06	1618381.29	223334	0
C9	Pek. Balok Sloof S1=20/40	100.00	110637107.48	95322027.98	110637107.48	15315079	0
C10	Pek. Balok Sloof S2=15/20	100.00	26040024.97	22382379.80	26040024.97	3657645	0
D1	Pek. Kolom K1=30/40	100.00	98957519.28	84957720.51	98957519.28	13999799	0
D2	Pek. Kolom K2=15/25	100.00	8091906.47	6975235.32	8091906.47	1116671	0
D5	Pek. Balok Lantai B1=20/50	100.00	120808407.80	104102917.46	120808407.80	16705490	0
D6	Pek. Balok Lantai B2=25/50	100.00	84040097.37	72335010.57	84040097.37	11705087	0
D7	Pek. Balok Lantai B3=20/40	100.00	65787485.01	56686483.50	65787485.01	9101002	0
D8	Pek. Balok Lantai B4=15/30	100.00	7216482.55	6204700.18	7216482.55	1011782	0
D9	Pek. Balok Lantai B5=15/50	100.00	13243535.81	11424649.01	13243535.81	1818887	0
D10	Pek. Balok Lantai R1=15/30	100.00	13626113.51	11764596.52	13626113.51	1861517	0
D11	Pek. Beton Plat Lantai	100.00	348979783.88	300251519.31	348979783.88	48728265	0
D12	Pek. Beton Plat Topian	100.00	4354603.77	3749692.65	4354603.77	604911	0
E1	Pek. Kolom K3=25/30	100.00	66537903.95	57193444.84	66537903.95	9344459	0
E4	Pek. Balok R2=15/25	100.00	93597506.27	80531606.22	93597506.27	13065900	0
E5	Pek. Balok R3=15/15	100.00	13762307.30	11850241.99	13762307.30	1912065	0
E6	Pek. Beton Plat dak	100.00	22233326.97	19128873.67	22233326.97	3104453	0
G1	Pek. Plat tangga	50.00	4739156.56	4077607.02	9478313.11	661550	-4739157
G2	Pek. Balok bordes B6=15/30	50.00	6475776.72	5591095.38	12951553.43	884681	-6475777
G3	Pek. Plat bordes	50.00	1811418.13	1562172.15	3622836.26	249246	-1811418
H1	Pek. Galian tanah	0.00	0.00	0.00	197214.38	0	-197214
H2	Pek. Urugan tanah kembali	0.00	0.00	0.00	43214.63	0	-43215
H3	Pek. Pasir urug pondasi dan rollag	0.00	0.00	0.00	146589.47	0	-146589
H4	Pek. Aanstampeng	0.00	0.00	0.00	410004.71	0	-410005
H5	Pek. Pas. batu kali belah 1pc : 4ps	0.00	0.00	0.00	1573722.56	0	-1573723
I1	Pek. Pas. bata 1/2 batu 1pc : 4ps	100.00	131478510.43	114563774.27	131478510.43	16914736	0
I2	Pek. Plesteran dinding dan beton	49.50	62077648.28	78323296.67	125397131.90	-16245648	-63319484
I3	Pek. Acian dinding dan beton	13.20	3040742.24	7011938.89	23033638.34	-3971197	-19992896
I4	Pek. Pas. Glassblock	100.00	7178019.03	12130008.80	7178019.03	-4951990	0
I5	Pek. Rooster	100.00	14608290.77	24755902.71	14608290.77	-10147612	0
J1	Pek. Beton balok praktis	100.00	8828421.21	7599292.19	8828421.21	1229129	0
L7	Pek. Pintu Jendela type J7.1	0.00	0.00	0.00	21815236.75	0	-21815237
M1	Pek. Rangka hollow plafond @ 600x600	0.00	0.00	0.00	9903676.92	0	-9903677
Q1	Pek. Pas. bata 1/2 batu 1pc : 4ps	91.31	109859632.68	95726169.39	120313689.13	14133463	-10454056
Q2	Pek. Plesteran dinding dan beton	17.99	11463046.12	26177870.66	63710805.84	-14714825	-52247760
Q4	Pek. Pas. Glassblock	0.00	0.00	0.00	7178019.03	0	-7178019
R1	Pek. Beton balok praktis	81.30	3907753.51	6727400.06	4806584.88	-2819647	-898831
X1	Pek. Rangka atap baja ringan	30.00	13366527.96	60149375.82	44555093.20	-46782848	-31188565
Y1	Sumur Bor dan Pompa Sumur	0.00	0.00	0.00	37375000.00	0	-37375000
Y5	Konstruksi Groundtank & Rumah pompa	0.00	0.00	0.00	44700000.00	0	-44700000
AG1	Instalasi Penerangan Lantai 1	0.00	0.00	0.00	42523500.00	0	-42523500
AG2	Instalasi Penerangan Lantai 2	0.00	0.00	0.00	24320000.00	0	-24320000
Total Kumulatif			1899413481.96	1775362024.48	2292039576.06	124051457.48	-392626094.1

Sumber: Hasil pengolahan data

#### 4.3.1.5 Perhitungan Indeks Produktivitas dan Kinerja

Perhitungan indeks produktivitas dan kinerja digunakan untuk mengetahui efesiensi dari penggunaan sumber daya yang ada dalam pengerjaan proyek. Pada penelitian ini dilakukan dua perhitungan indeks yaitu indeks kinerja biaya (CPI) dan indeks kinerja jadwal (SPI). Berikut merupakan contoh perhitungan CPI dan SPI pada periode 12.

$$BCWP^{12st} = \text{Rp } 1.899.413.481,96$$

$$BCWS^{12st} = \text{Rp } 2.292.039.576,06$$

$$ACWP^{12st} = \text{Rp } 1.775.362.024,48$$

$$\begin{aligned} CPI^{12th} &= BCWP^{12th} / ACWP^{12th} \\ &= \text{Rp } 1.899.413.481,96 / \text{Rp } 1.775.362.024,48 \\ &= 1.069873894 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SPI^{12st} &= BCWP^{12th} / BCWS^{12th} \\ &= \text{Rp } 1.899.413.481,96 / \text{Rp } 2.292.039.576,06 \\ &= 0.828700124 \end{aligned}$$

Berdasarkan peritungan diatas dapat disimpulkan bahwa pada minggu ke-12 nilai CPI yang dihasilkan lebih dari 1 yang menunjukkan bahwa pengeluaran lebih sedikit dari anggaran (*under cost*) namun nilai SPI yang dihasilkan dibawah 1 yang menunjukkan bahwa waktu pelaksanaan lebih lama dari jadwal yang telah direncanakan (*schedule underrun*).

#### 4.3.1.6 Analisis Penyebab *Schedule Underrun*

Berdasarkan perhitungan sebelumnya bahwa pada minggu ke-12 terjadi *schedule underrun* karena nilai  $SPI < 1$ . Untuk mengetahui masalah apa yang terjadi penelitian ini menggunakan *tree diagram* guna mengetahui penyebab dari *schedule underrun* dalam proyek. Gambar 4.7 merupakan *tree diagram* dari analisis penyebab permasalahan dalam proyek.

Schedule Underrun	Pek. Administrasi dan Dokumentasi	Tenaga kerja kurang
	Pek. Pengadaan air kerja	Pekerjaan dilakukan selama proyek berlangsung
	Pek. Pengadaan listrik kerja	Pekerjaan dilakukan selama proyek berlangsung
	Pek. Pengukuran/setting out	Pekerjaan sebelumnya terlambat
	Pek. Mob dan Demob	Pekerjaan dilakukan selama proyek berlangsung
		Terlambat memulai pekerjaan
	Pek. Urugan pasir	Tenaga kerja kurang
	Pek. Plat tangga	Pekerja kurang terampil
	Pek. Balok bordes B6=15/30	Pekerjaan sebelumnya terlambat
	Pek. Plat bordes	Pekerjaan sebelumnya terlambat
	Pek. Galian tanah	Terlambat memulai pekerjaan
	Pek. Urugan tanah kembali	Tenaga kerja kurang
	Pek. Pasir urug pondasi dan rollag	Tenaga kerja kurang
	Pek. Aanstampeng	Terlambat memulai pekerjaan
	Pek. Pas. batu kali belah 1pc : 4ps	Pekerjaan sebelumnya terlambat
	Pek. Plesteran dinding dan beton	Pekerja kurang terampil
	Pek. Acian dinding dan beton	Terlambat memulai pekerjaan
	Pek. Pintu Jendela type J7.1	Pekerja Kurang Terampil
	Pek. Rangka hollow plafond @ 600x600	Pekerja Kurang Terampil
	Pek. Pas. bata 1/2 batu 1pc : 4ps	Terlambat memulai pekerjaan
	Pek. Plesteran dinding dan beton	Pekerjaan sebelumnya terlambat
	Pek. Pas. Glassblock	Tenaga kerja kurang
	Pek. Beton balok praktis	Pekerjaan sebelumnya terlambat
	Pek. Rangka atap baja ringan	Pekerja Kurang Terampil
		Terlambat memulai pekerjaan
	Sumur Bor dan Pompa Sumur	Tenaga kerja kurang
		Terlambat memulai pekerjaan
	Konstruksi Groundtank & Rumah pompa	Pekerjaan sebelumnya terlambat
	Instalasi Penerangan Lantai 1	Terlambat memulai pekerjaan
		Pekerja kurang terampil
	Instalasi Penerangan Lantai 2	Pekerjaan sebelumnya terlambat

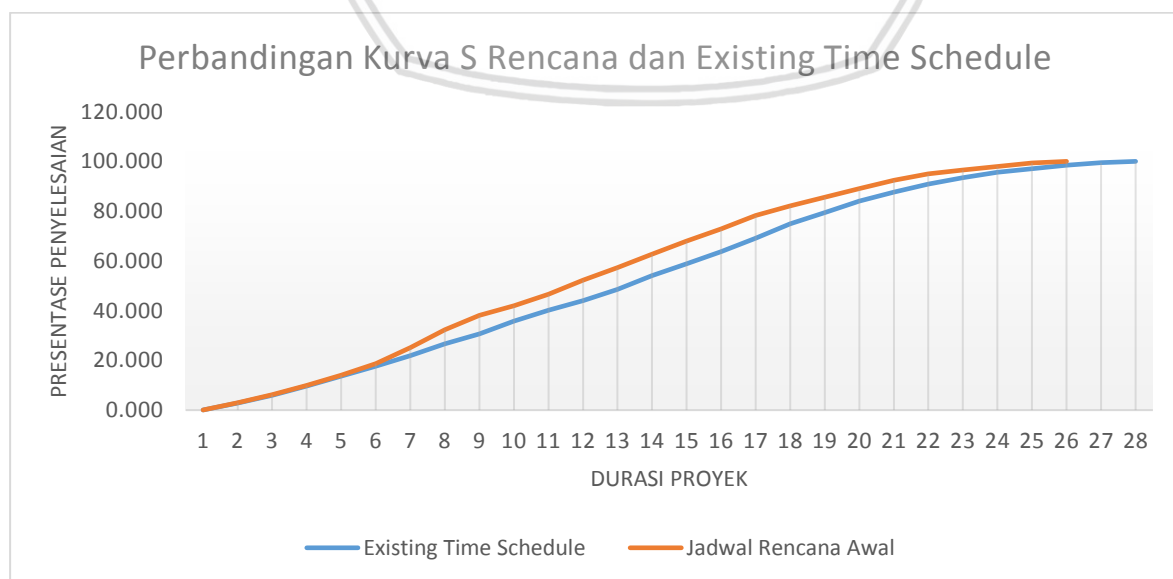
Gambar 4.7 Diagram pohon penyebab *schedule underrun*  
 Sumber: Wawancara dengan pelaksana harian

Berdasarkan analisis pada Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa penyebab keterlambatan berasal dari kesalahan kontraktor seperti terlambat memulai pekerjaan, tenaga kerja kurang, pekerjaan sebelumnya terlambat, terlambat mendatangkan peralatan, dan pekerja yang kurang terampil dalam melakukan pekerjaannya. Faktor-faktor tersebut nantinya digunakan sebagai acuan peneliti dalam memilih metode percepatan yang tepat.

#### 4.3.2 Perancangan Jaringan Kerja

Perancangan jaringan kerja dilakukan dengan metode precedence diagram dengan mempertimbangkan *time schedule* yang telah direncanakan sebelumnya dan realisasi pelaksanaan proyek. Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan pada minggu ke-12 terdapat keterlambatan sebesar 7,118 %. Oleh karena itu pada penelitian ini, dibuat perencanaan kembali mulai minggu ke-13 dengan menyesuaikan realisasi proyek yang telah ada sampai minggu ke-12.

Berdasarkan rencana awal proyek diperlukan waktu 26 minggu untuk menyelesaikan proyek. Berdasarkan hasil diskusi dan perencanaan jadwal dengan pihak pelaksana atau kontraktor proyek terjadi perbedaan antara jadwal pada rencana proyek dengan *existing time schedule*. Pada *existing time schedule* proyek dijadwalkan akan selesai dalam waktu 28 minggu dimana terjadi deviasi sebesar 2 minggu dari rencana sehingga dapat disimpulkan bahwa proyek konstruksi ini akan terlambat. Pada Lampiran 4 dapat dilihat *Existing Time Schedule* yang digunakan untuk sebagai dasar dilakukannya perencanaan jaringan kerja serta perbandingan Kurva S dari *existing time schedule* dan rencana jadwal baru dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Perbandingan kurva s rencana dan *existing time schedule*  
Sumber: Hasil pengolahan data



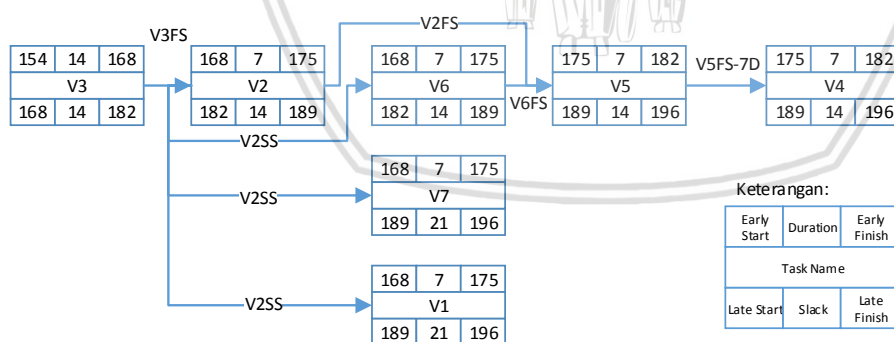
Pada Gambar 4.9 dapat dilihat jika terjadi perbedaan antara waktu penyelesaian pada jadwal rencana pelaksanaan proyek (garis merah) dengan jadwal pada *Existing Time Schedule* (garis biru). Selain itu juga dapat diketahui bahwa pelaksanaan proyek terjadi keterlambatan dari rencana, karena pada grafik tersebut garis warna biru yang menunjukkan aktual pelaksanaan proyek berada dibawah garis warna merah yang menunjukkan rencana pelaksanaan proyek. Dan untuk menyelesaikan proyek berdasarkan *existing time schedule* diperlukan waktu 28 minggu.

Pada perencanaan dengan Precedence Diagram Method terdapat empat hubungan yang perlu diperhatikan yaitu:

1. FS (*Finish to Start*) = Pekerjaan B bisa dimulai setelah Pekerjaan A selesai.
2. FF (*Finish to Finish*) = Pekerjaan A dan B selesai bersamaan.
3. SS (*Start to Start*) = Pekerjaan A dan B dimulai bersamaan.
4. SF (*Start to Finish*) = Pekerjaan A baru bisa diakhiri jika Pekerjaan B sudah dimulai.

Perencanaan jaringan kerja dilakukan dengan penggambaran dan perhitungan jaringan kerja secara manual dengan metode *Precedence Diagram Method*. Perencanaan jadwal proyek konstruksi dilakukan berdasarkan hasil diskusi dengan Kontraktor Pelaksana Proyek Konstruksi Gedung Asrama Sekolah guna mengetahui hubungan ketergantungan antar *task*.

Gambar 4.9 merupakan contoh tampilan jaringan kerja dengan metode *Precedence Diagram Method*. Sedangkan untuk jaringan kerja secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 4.



Gambar 4.9 Contoh tampilan jaringan kerja dengan metode *precedence diagram method*  
Sumber: Hasil pengolahan data

Berikut contoh perhitungan dalam pembuatan *precedence diagram*:

Task Code: V3

Durasi aktivitas V3 (D) = 14 Hari

Early Start (ES) = 154

Early Finish (EF) =  $ES + D = 154 + 14 = 168$  Hari

Kemudian dilakukan seluruh perhitungan seperti contoh untuk masing-masing aktivitas



sebagai perhitungan maju. Jika sudah selesai dilakukan perhitungan mundur.

*Late Finish* (LF) = 182 (Diperoleh dari waktu terkecil dari *Late Start* (LS) aktivitas sebelumnya pada hitungan mundur yaitu LS-V2, LS-V6, LS-V7, LS-V1)

*Late Start* (LS) =  $LF - D = 182 - 14 = 161$

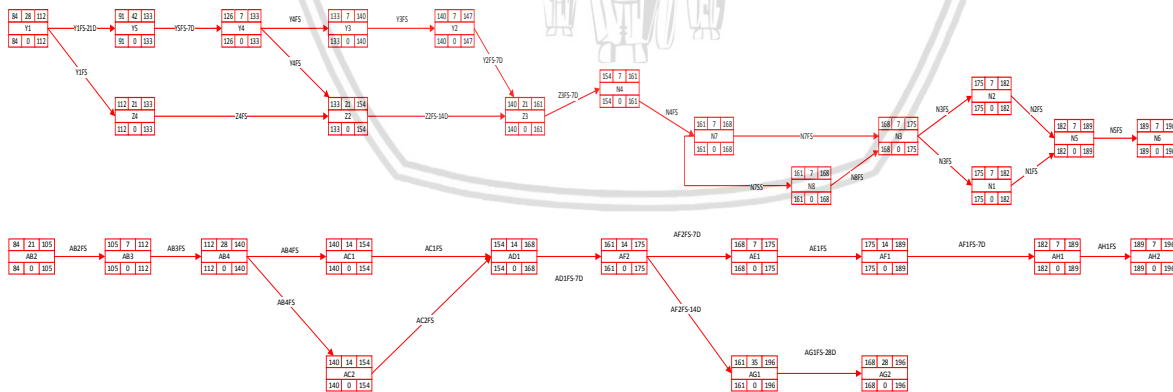
Sehingga diperoleh *Slack* (S) =  $LS - ES = LF - EF = 14$

Dan jika  $S > 0$  maka aktivitas tersebut bukan merupakan aktivitas kritis dan pada gambar di berikan warna biru.

### 4.3.3 Analisis Jalur Kritis

Setelah pembuatan jaringan kerja, maka dapat diketahui jalur kritis pada proyek pembangunan asrama sekolah ini. Jalur kritis merupakan jalur yang memiliki jumlah slack yang paling kecil menurut Gray & Larson (2007:150). *Slack* adalah perbedaan atau *gap* antara *late start* dengan *early start* atau antara *late finish* dengan *early finish*. Hasil perhitungan slack pada tiap aktivitas pada proyek asrama sekolah dapat dilihat pada Lampiran 2.

Pada perencanaan percepatan proyek pada penelitian ini dilakukan pada aktivitas minggu ke 13 sampai minggu ke-28. Oleh karena itu, rangkaian jalur kritis yang ditampilkan terdiri dari aktivitas yang berada pada minggu ke-13 sampai minggu ke-28. Gambar 4.10 merupakan rangkaian jalur kritis pada minggu ke-13 sampai minggu ke-28 ini.



Gambar 4.10 Jalur kritis minggu ke-13 s/d minggu ke-28

Sumber: Hasil pengolahan data

Berikut merupakan jalur kritis pada jaringan kerja minggu ke-13 sampai minggu ke-28.

1. Y1-Y5-Y4-Y3-Y2-Z3-N4-N7-N3-N2-N5-N6
2. Y1-Z4-Z2-Z3-N4-N7-N3-N2-N5-N6
3. Y1-Y5-Y4-Z2-Z3-N4-N7-N3-N2-N5-N6
4. Y1-Y5-Y4-Y3-Y2-Z3-N4-N7-N8-N3-N2-N5-N6

5. Y1-Y5-Y4-Y3-Y2-Z3-N4-N7-N3-N1-N5-N6
6. Y1-Y5-Y4-Y3-Y2-Z3-N4-N7-N8-N3-N1-N5-N6
7. Y1-Z4-Z2-Z3-N4-N7-N8-N3-N2-N5-N6
8. Y1-Z4-Z2-Z3-N4-N7-N3-N1-N5-N6
9. Y1-Z4-Z2-Z3-N4-N7-N8-N3-N1-N5-N6
10. Y1-Y5-Y4-Z2-Z3-N4-N7-N8-N3-N2-N5-N6
11. Y1-Y5-Y4-Z2-Z3-N4-N7-N3-N1-N5-N6
12. Y1-Y5-Y4-Z2-Z3-N4-N7-N8-N3-N1-N5-N6
13. AB2-AB3-AB4-AC1-AD1-AF2-AE1-AF1-AH1-AH2
14. AB2-AB3-AB4-AC2-AD1-AF2-AE1-AF1-AH1-AH2
15. AB2-AB3-AB4-AC1-AD1-AF2-AG1-AG2
16. AB2-AB3-AB4-AC2-AD1-AF2-AG1-AG2

Dari data dapat diketahui bahwa aktivitas-aktivitas tersebut merupakan lintasan kritis. Pekerjaan di lintasan kritis dimungkinkan dapat dipercepat tanpa mengganggu network planning dan tidak menimbulkan lintasan kritis yang baru.

#### 4.3.4 Pemilihan Alternatif Aktivitas yang Dapat Dipercepat

Percepatan proyek pada proyek gedung Asrama Sekolah ini dilakukan dengan melakukan penjadwalan ulang aktivitas kritis proyek pada minggu ke-13 sampai dengan minggu ke 28 dengan mempercepat aktivitas proyek menggunakan metode penjadwalan lembur dan penambahan tenaga kerja. *Task* yang dapat digunakan atau dijadikan alternatif aktivitas untuk percepatan proyek yaitu dengan kriteria sebagai berikut:

1. Aktivitas kritis pada minggu ke-13 sampai dengan minggu ke-28.
2. Aktivitas kritis yang terpilih memiliki *resource work* atau yang memiliki pekerja sehingga bisa dilakukan percepatan.

Berdasarkan kedua kriteria tersebut terdapat 30 *task* sebagai alternatif aktivitas kritis untuk dilakukannya percepatan proyek. 30 *task* tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3

*Task* Alternatif untuk Analisis Percepatan Proyek

No	Kode	Aktivitas Proyek	Volume	Satuan	Durasi Normal (Hari)
1	N1	Pek. Pas. Closet Jongkok Porcelain	12	unit	7
2	N2	Pek. Pas. Closet Duduk	1	unit	7
3	N3	Pek. Pas. Floordrain Stainless Steel	35	unit	7
4	N4	Pek. Pas. Bath Shower Stainless Steel Set	33	unit	7
5	N5	Pek. Pas. Washtafel	4	unit	7

No	Kode	Aktivitas Proyek	Volume	Satuan	Durasi Normal (Hari)
6	N6	Pek. Pas. Keran Washtafel	4	unit	7
7	N7	Pek. Pas. Kaca Cermin	5.04	m <sup>2</sup>	7
8	N8	Pek. Pas. Urinoir	4	unit	7
9	Y1	Sumur Bor Dan Pompa Sumur	1	unit	28
10	Y2	Instalasi Pompa Transfer Ke Rooftank 01	1	set	7
11	Y3	Tangki Air (Rooftank) Dan Konstruksinya	1	set	7
12	Y4	Instalasi Pemipaan Pompa Air Ke Rooftank	43	m	7
13	Y5	Konstruksi Groundtank & Rumah Pompa	1	unit	42
14	Z2	Instalasi Pemipaan Air Bersih Lantai 2	129	m	21
15	Z3	Instalasi Pemipaan Air Bersih Lantai Atap	165	m	21
16	Z4	Instalasi Pipa Distribusi & Riser	113	m	21
17	AB1	Pemipaan Lantai 1	204	m	28
18	AB2	Pemipaan Lantai 2	210	m	21
19	AB3	Pemipaan Utama & Riser	34	m	7
20	AB4	Septic Tank, Peresapan & Bak Kontrol	2	unit	28
21	AC1	Instalasi Tata Udara Lantai 1	12	unit	14
22	AC2	Instalasi Tata Udara Lantai 2	12	unit	14
23	AD1	Pipa Tegak Air Hujan & Saluran Drainase Keliling	188	m	14
24	AE1	Sistem Grounding	1	set	7
25	AF1	Instalasi Panel Tegangan Rendah	1	set	14
26	AF2	Instalasi Kabel Toevoer	44	m	14
27	AG1	Instalasi Penerangan Lantai 1	138	ttk	35
28	AG2	Instalasi Penerangan Lantai 2	138	ttk	28
29	AH1	Instalasi Kabel Tray Lantai 1	45	m	7
30	AH2	Instalasi Kabel Tray Lantai 2	45	m	7

Sumber: Hasil pengolahan data

#### 4.3.5 Biaya Proyek

Pada bagian ini dijelaskan biaya pada objek penelitian yaitu proyek gedung asrama sekolah.

##### 4.3.5.1 Biaya Langsung

Penentuan biaya langsung proyek pada penelitian ini diperoleh dari Rencana Anggaran Biaya Proyek Konstruksi Gedung Asrama Sekolah. Data biaya langsung diperoleh berdasarkan kebutuhan tenaga kerja, material, peralatan dan lain-lain yang telah dihitung oleh pihak kontraktor. Total biaya langsung pada proyek ini adalah Rp 5.315.040.295,71. Detail data biaya langsung dapat dilihat pada Lampiran 1. Data biaya tersebut diperoleh dari pihak kontraktor yang terdapat pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek.

##### 4.3.5.2 Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung merupakan biaya yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan

pelaksanaan proyek yang tidak langsung diantaranya biaya pekerja para pekerja yang tidak bekerja secara langsung dalam proses konstruksi biaya peralatan, dan lain-lain. Data biaya tidak langsung pada penelitian ini diperoleh dari pihak kontraktor dari hasil wawancara dan penjelasan yang telah diberikan. Tabel 4.4 merupakan biaya tidak langsung pada proyek ini.

Tabel 4.4  
Biaya Tidak Langsung

BIAYA TIDAK LANGSUNG						
<b>BIAYA PERALATAN</b>						
<b>Bahan bakar Operasional</b>						
1	BBM Mobil	196	Hr	4	unit	Rp 7,500.00
2	Mobil + service	2	Bln	4	unit	Rp 1,000,000.00
3	BBM Mesin bore pile	30	hr	2	unit	Rp 7,500.00
4	Mesin Lift beton	90	hr	1	unit	Rp 7,500.00
5	Mesin molen beton	90	hr	4	unit	Rp 7,500.00
6	Mob dan Demob Peralatan	1	Ls			Rp 35,000,000.00
7	Peralatan Listrik kabel, lampu lapangan	1	Ls			Rp 10,000,000.00
<b>JUMLAH :</b>						<b>Rp 137,675,000.00</b>
<b>BIAYA ENTERTAIN</b>						
1	Proyek	196	Bln			Rp 200,000.00
<b>JUMLAH :</b>						<b>Rp 39,200,000.00</b>
<b>BIAYA UMUM LAPANGAN</b>						
1	Biaya Gaji Karyawan					
	- Project Manager	196	Hr			Rp 200,000.00
	- Adm keuangan dan proyek	196	Hr			Rp 100,000.00
	- Pelaksana	196	Hr			Rp 120,000.00
	- Asst. Pelaksana	196	Hr			Rp 100,000.00
	- Surveyor	196	Hr			Rp 85,000.00
	- Asst. Surveyor	196	Hr			Rp 70,000.00
	- Peralatan dan Logistik	196	Hr			Rp 100,000.00
	- Driver	196	Hr			Rp 70,000.00
	- Office boy	196	Hr			Rp 70,000.00
2	Uang makan					
	- Site Manager	196	Hr			Rp 20,000.00
	- Adm keuangan dan proyek	196	Hr			Rp 17,500.00
	- Pelaksana	196	Hr			Rp 17,500.00
	- Asst. Pelaksana	196	Hr			Rp 500,000.00
	- Surveyor	196	Hr			Rp 17,500.00
	- Asst. Surveyor	196	Hr			Rp 15,000.00
	- Peralatan dan Logistik	196	Hr			Rp 15,000.00
	- Driver	196	Hr			Rp 15,000.00
	- Office boy	196	Hr			Rp 15,000.00
3	Operasional dan pulsa					
	- Operasional site manager	196	Hr			Rp 50,000.00
	- Operasional Lapangan	196	Hr			Rp 50,000.00
4	Alat tulis kantor	196	Hr			Rp 10,000.00
5	Biaya fak dan komunikasi untuk kantor	196	Hr			Rp 20,000.00
6	Jamuan direksi / konsultan	196	Hr			Rp 30,000.00
7	Biaya rutinitas mess	196	Hr			Rp 50,000.00
<b>JUMLAH :</b>						<b>Rp 344,470,000.00</b>
<b>BIAYA KARYA TAK LANGSUNG</b>						
Biaya Sewa Base Camp/Kantor Lapangan						
1	Kantor dan Mess Karyawan dan Ops	7	Bln			Rp 4,500,000.00
2	Perabot mess karyawan	1	Ls			Rp 2,000,000.00
<b>JUMLAH :</b>						<b>Rp 33,500,000.00</b>

Sumber: Hasil wawancara dengan pelaksana proyek

Biaya tidak langsung pada table 4.4 dapat dipisah menjadi 2, yaitu yang dipengaruhi total waktu pelaksanaan proyek dan tidak dipengaruhi oleh total waktu penyelesaian proyek. Sebagai contoh pada biaya bahan bakar mesin lift beton yang hanya akan digunakan selama 90 hari selama aktivitas pekerjaan beton, jika proyek selesai dalam waktu 182 hari

atau 196 hari biaya bahan bakar lift beton tidak akan berkurang maupun bertambah. Begitu juga dengan biaya service mobil, biaya bbm mesin bore pile, bbm mesin lift beton, bbm mesin molen beton, mob dan demob peralatan, peralatan listrik kabel lampu lapangan, dan perabot mess karyawan. Pada biaya sewa kantor dan mes karyawan biaya sewa dihitung bulanan, dalam tabel 4.4 biaya sewa kantor dan mess dihitung 7 bulan karena proyek selesai selama 196 hari, akan tetapi jika proyek selesai dalam waktu 180 hari atau kurang dari 180 hari maka biaya sewa kantor dan mess hanya dihitung selama 6 bulan. Jadi nilai biaya tidak langsung yang dipengaruhi total waktu pelaksanaan proyek adalah senilai Rp 442,470,000 dan biaya tidak langsung yang tidak dipengaruhi waktu pelaksanaan proyek adalah Rp 112,375,000. Adapun total biaya tidak langsung selama pelaksanaan proyek 196 hari adalah Rp 554,845,000.

#### 4.3.6 Penerapan Metode *Time Cost Trade Off*

Tujuan penerapan metode *Time Cost Trade Off* ini adalah menganalisis sejauh mana jadwal dapat diperpendek dengan menambahkan biaya (langsung) terhadap kegiatan yang masih bisa dipercepat kurun waktu pelaksanaannya dari segi teknis. Pada penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja untuk memperpendek jadwal.

##### 4.3.6.1 Penambahan Jam Kerja (Waktu Lembur)

Dalam perencanaan penambahan jam kerja lembur memakai 8 jam kerja normal dan 1 jam istirahat (08.00-17.00), sedangkan kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal (17.00-18.00). Menurut keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7 dan pasal 11 standar upah untuk lembur adalah:

1. Waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 3 (jam) dalam 1 (satu) hari dan 14 (empat belas) jam dalam 1 (satu) minggu.
2. Memberikan makanan dan minuman sekurang-kurangnya 1.400 kalori apabila kerja lembur dilakukan selama 3 jam atau lebih.
3. Untuk kerja lembur pertama harus dibayar sebesar 1,5 kali upah sejam.
4. Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 kali lipat upah satu jam.

Tabel 4.5  
Tarif Lembur Tenaga Kerja

Resource	Upah per Hari	Upah Lembur per Jam
Pekerja	Rp 80,000.00	Rp15,000.00



Resource	Upah per Hari	Upah Lembur per Jam
Tukang	Rp110,000.00	Rp20,625.00
Kepala Tukang	Rp125,000.00	Rp23,437.50
Mandor	Rp120,000.00	Rp22,500.00

Sumber: Rencana Anggaran Biaya

Produktivitas kerja lembur diperhitungkan sebesar 90% dari produktivitas normal. Penurunan produktivitas ini disebabkan oleh kelelahan pekerja, keterbatasan pandangan pada malam hari, serta keadaan cuaca. Untuk kegiatan-kegiatan kritis yang dipercepat dihitung berdasarkan data biaya langsung pekerjaan sehingga diperoleh pertambahan biaya (*cost slope*) pekerjaan. Adapun salah satu contoh perhitungannya sebagai berikut:

### Pek. Pemipaan Lantai 1 (Task Code : AB1)

Pekerjaan Pemipaan Lantai 1 dengan volume 204m direncanakan dengan durasi pengerjaan 28 hari karena berdasarkan ketentuan kontraktor pekerjaan pemipaan ini bisa diakui sebagai progres jika sistemnya sudah jadi.

Perhitungan Durasi dan Produktivitas Normal

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= 204 \text{ m} \\
 \text{Durasi normal} &= 28 \text{ hari} \\
 \text{Durasi normal (jam)} &= 28 \times 8 = 224 \text{ jam} \\
 \text{Produktivitas per jam} &= \frac{\text{Volume}}{\text{durasi normal}} = \frac{204}{224} = 0.91 \text{ m/jam}
 \end{aligned}$$

#### 1. Perhitungan Durasi dan Produktivitas Percepatan

Durasi percepatan =

$$\frac{(Volume)}{(prod. perjam \times jam kerja) + (jmlh jam lembur \times penurunan prod \times prod. perjam)}$$

$$\text{Durasi percepatan} = \frac{204}{(0.91 \times 8) + (1 \times 0.9 \times 0.91)} = 26 \text{ hari}$$

$$\text{Maka maksimal percepatan} = 28 \text{ hari} - 26 \text{ hari} = 2 \text{ hari}$$

Jika, diambil asumsi percepatan = 2 hari

$$\text{Durasi percepatan} = 28 \text{ hari} - 2 \text{ hari} = 26 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Durasi percepatan (jam)} &= 26 \times 8 \\
 &= 208 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas jam dipercepat} &= \frac{\text{volume}}{\text{durasi dipercepat}} \\
 &= \frac{204}{208} = 0.98 \text{ m/jam}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Maka waktu lembur per hari} &= \frac{0,98-0,91}{0,91} \times 8 \text{ jam} \times 90\% \\
 &= 0,55 \text{ jam per hari} \\
 &= 33,2 \text{ menit per hari} \\
 &\approx 60 \text{ menit per hari} \approx 1 \text{ jam per hari}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Total Upah Lembur yang harus dibayar

Upah lembur/ hari :

$$\begin{aligned}
 \text{Pekerja} &= (1 \times \text{Rp. } 15,000.00) \\
 &= \text{Rp. } 15,000.00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tukang} &= (2 \times \text{Rp. } 20,625.00) \\
 &= \text{Rp. } 41,250.00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kepala Tukang} &= (1 \times \text{Rp. } 23,437.00) \\
 &= \text{Rp. } 23,437.00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mandor} &= (1 \times \text{Rp. } 22,500.00) \\
 &= \text{Rp. } 22,500.00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Upah lembur dalam 1 Hari} &= (\text{Rp. } 15,000.00 + \text{Rp. } 41,250.00 + \text{Rp. } 23,437.50 + \\
 &\quad \text{Rp. } 22,500) \\
 &= \text{Rp. } 102,187.5
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui jumlah maksimal *percepatan* yang dapat dilakukan serta total upah lembur yang dibutuhkan dalam satu hari. Berikut hasil perhitungan upah lembur per hari dan jumlah maksimal *percepatan* tiap masing-masing *task* alternative untuk percepatan proyek dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6

Upah Biaya Lembur per Hari Setiap Pekerjaan

Kode	Volume	Satuan	Durasi Normal (Hari)	Produktivitas Jam Normal	Durasi Percepatan (Hari)	Maksimal Durasi Percepatan	Produktivitas Jam Percepatan	Waktu Lembur / Hari	Total Upah Lembur / Hari (Rp)
N1	12	unit	7	0.21	7	0			
N2	1	unit	7	0.02	7	0			
N3	35	unit	7	0.63	7	0			
N4	33	unit	7	0.59	7	0			
N5	4	unit	7	0.07	7	0			
N6	4	unit	7	0.07	7	0			
N7	5.04	m2	7	0.09	7	0			
N8	4	unit	7	0.07	7	0			
Y1	1	unit	28	0.00	26	2	0.005	0.55	117,188
Y2	1	set	7	0.02	7	0			
Y3	1	set	7	0.02	7	0			
Y4	43	m	7	0.77	7	0			
Y5	1	unit	42	0.00	38	4	0.00	0.76	117,188
Z2	129	m	21	0.77	19	2	0.85	0.76	81,563
Z3	165	m	21	0.98	19	2	1.09	0.76	81,563
Z4	113	m	21	0.67	19	2	0.74	0.76	81,563

Kode	Volume	Satuan	Durasi Normal (Hari)	Produktivitas Jam Normal	Durasi Percepatan (Hari)	Maksimal Durasi Percepatan	Produktivitas Jam Percepatan	Waktu Lembur / Hari	Total Upah Lembur / Hari (Rp)
AB1	204	m	28	0.91	26	2	0.98	0.55	102,188
AB2	210	m	21	1.25	19	2	1.38	0.76	102,188
AB3	34	m	7	0.61	7	0			
AB4	2	unit	28	0.01	26	2	0.01	0.55	96,563
AC1	12	unit	14	0.11	13	1	0.12	0.55	81,563
AC2	12	unit	14	0.11	13	1	0.12	0.55	81,563
AD1	188	m	14	1.68	13	1	1.81	0.55	117,188
AE1	1	set	7	0.02	7	0			
AF1	1	set	14	0.01	13	1	0.01	0.55	102,188
AF2	44	m	14	0.39	13	1	0.42	0.55	81,563
AG1	138	ttk	35	0.49	32	3	0.54	0.68	102,188
AG2	138	ttk	28	0.62	26	2	0.66	0.55	102,188
AH1	45	m	7	0.80	7	0			
AH2	45	m	7	0.80	7	0			

Sumber: Hasil pengolahan data

### 3. Perhitungan Biaya akibat Percepatan

Jika pada pekerjaan dengan kode AB1 dilakukan *Percepatan* sebanyak 2 Hari, maka:

Biaya percepatan = (Biaya lembur per hari × durasi percepatan) + Biaya Normal

$$= (\text{Rp } 102,188 \times 26) + \text{Rp. } 22,213,274$$

$$= \text{Rp. } 24,870,149$$

*Cost Slope*

$$= \frac{\text{Biaya percepatan-biaya normal}}{\text{durasi normal-durasi percepatan}}$$

$$= \frac{\text{Rp. } 24,870,149 - \text{Rp. } 22,213,274}{28-26}$$

$$= \text{Rp. } 1,328,438$$

Jadi untuk melakukan percepatan pada aktivitas AB1 selama 1 hari maka biaya langsung proyek bertambah Rp 1,328,438 akibat penambahan jam lembur aktivitas AB1 untuk mengurangi durasi pelaksanaan selama 1 hari.

Tabel 4.7

Perhitungan *Cost Slope* Aktivitas yang Bisa Dipercepat

Kode Pekerjaan	Biaya Normal (Rp)	Durasi Normal (Hari)	Maksimal Jumlah Hari Percepatan	Slope Per Hari (Rp)
Z2	5,422,938	21	2	774,844
Z3	9,278,563	21	2	774,844
Z4	6,747,238	21	2	774,844
AB2	20,703,417	21	2	970,781
AC1	7,140,000	14	1	1,060,313
AC2	7,140,000	14	1	1,060,313
AF2	2,830,000	14	1	1,060,313
AG1	70,872,500	35	3	1,090,000
Y5	44,700,000	42	4	1,113,281
AB4	21,700,000	28	2	1,255,313
AB1	22,213,274	28	2	1,328,438
AF1	24,665,000	14	1	1,328,438
AG2	72,960,000	28	2	1,328,438

Kode Pekerjaan	Biaya Normal (Rp)	Durasi Normal (Hari)	Maksimal Jumlah Hari Percepatan	Slope Per Hari (Rp)
Y1	37,375,000	28	2	1,523,438
AD1	45,052,039	14	1	1,523,438

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Langkah selanjutnya adalah melakukan pemilihan dan penentuan urutan aktivitas yang dilakukan percepatan akan didasarkan pada beberapa pertimbangan sebagai berikut.

1. Aktivitas yang dipilih merupakan aktivitas alternatif yang terdapat di jalur kritis yang mempengaruhi penyelesaian waktu proyek, yang telah dijelaskan pada Tabel 4.3.
2. Memiliki biaya yang rendah. Biaya rendah dapat diketahui dari perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk percepatan proyek. Jika percepatan proyek dengan penambahan jam kerja maka dapat didasarkan dari pertimbangan *cost slope* pada Tabel 4.7. Dari alternatif aktivitas dipilih yang memiliki biaya rendah.
3. Aktivitas tersebut memiliki pengaruh yang cukup besar jika dilakukan percepatan, dengan kata lain memiliki banyak *successor*. *Successor* yaitu aktivitas yang mengikuti aktivitas sebelumnya.

Berdasarkan kriteria diatas maka didapat urutan percepatan yang dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8  
Urutan Aktivitas Dipercepat

No	Kode Pekerjaan Dipercepat	Durasi (Hari)	Total Slope (Rp)
0		196	-
1	Z3, AB2	195	1,745,625
2	Z3, AB2	194	1,745,625
3	AF2, Y1	193	2,583,750
4	AB4, Y1	192	2,778,750
5	Z2, Y5, AB4	191	3,143,438
6	Z2, Y5, AB4	190	3,143,438
7	Z4, Y5, AB1	189	3,216,563
8	Z4, Y5, AB1	188	3,216,563

Sumber: Hasil pengolahan data

Tabel 4.8 menunjukkan urutan percepatan proyek. Salah satu contoh jika ingin mempercepat 1 hari sehingga durasi proyek menjadi 195 hari. Maka aktivitas yang harus dipercepat yaitu aktivitas dengan kode Z3 dan AB2. Kedua aktivitas tersebut dipilih karena memiliki biaya slope paling rendah. Kedua aktivitas tersebut dipilih secara bersamaan karena aktivitas Z3 dan AB2 berada pada jalur kritis yang berbeda sehingga ketika hanya salah satu yang di percepat maka waktu penyelesaian proyek tidak berkurang.

Selanjutnya dilakukan perhitungan biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total yang diakibatkan pertambahan jam kerja (waktu lembur) dapat dilihat pada salah satu contoh perhitungan dibawah ini.

Perhitungan biaya pada *percepatan* 1 hari:

$$\begin{aligned}\text{Biaya langsung} &= \text{Biaya Durasi Normal} + \text{Biaya Percepatan Task Z3} + \text{Biaya Percepatan Task AB2} \\ &= \text{Rp } 5,315,040,296 + \text{Rp } 774,844 + \text{Rp } 970,781 \\ &= \text{Rp } 5,316,785,921\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya tidak langsung} &= ((\text{Biaya Tidak Langsung yang dipengaruhi Durasi} : \text{Durasi Normal}) \\ &+ \text{Biaya Tidak langsung yang tidak dipengaruhi durasi}) \times \text{Durasi Percepatan} \\ &= ((\text{Rp } 442,470,000 : 196) + 112,375,000) \times 195 \\ &= \text{Rp } 552,587,500\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Total} &= \text{Biaya Langsung} + \text{Biaya Tidak Langsung} \\ &= \text{Rp } 5,316,785,921 + \text{Rp } 552,587,500 \\ &= \text{Rp } 5,869,373,421\end{aligned}$$

Tabel 4.9

Perhitungan Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung, Dan Total Biaya Lembur

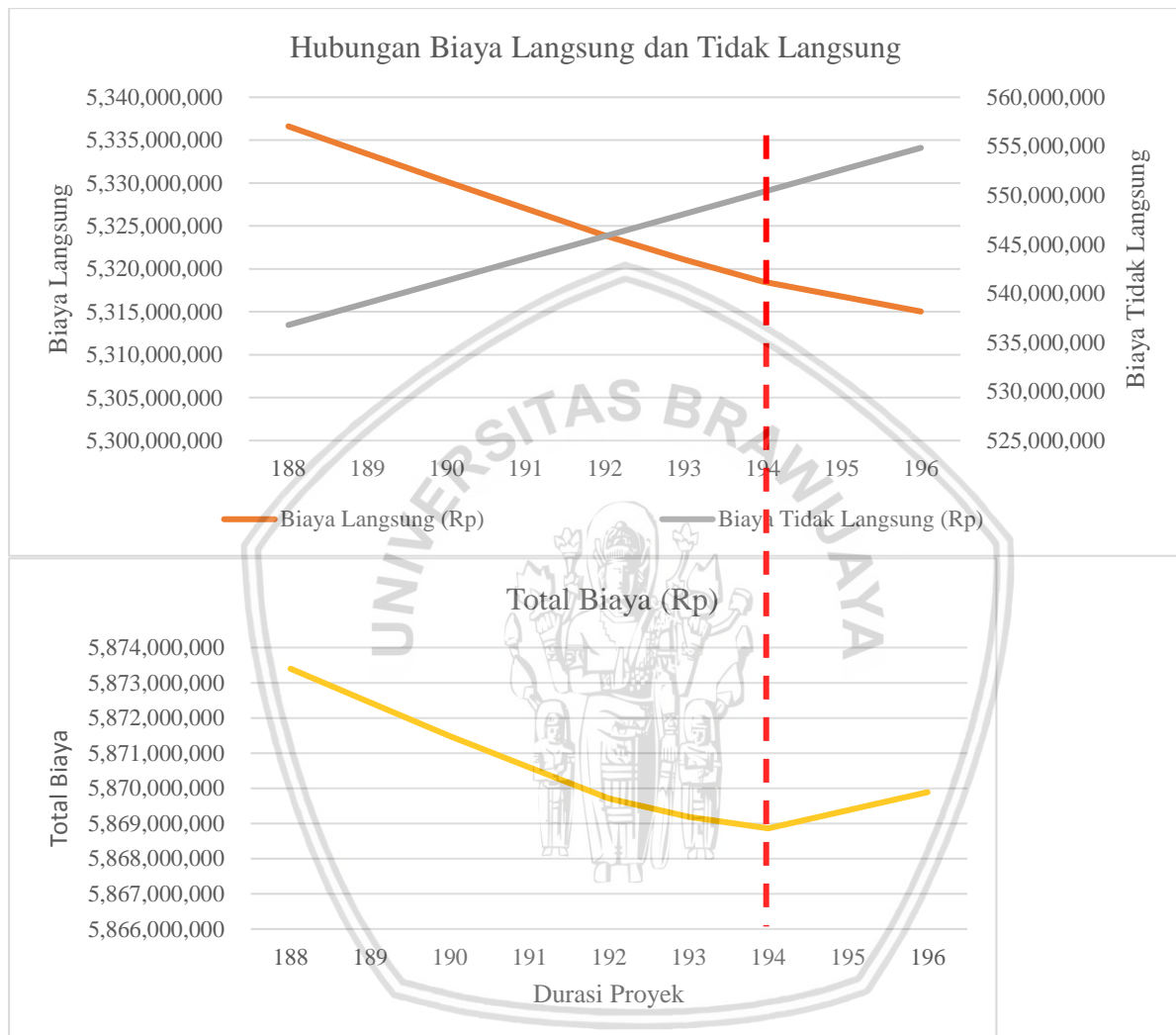
No	Kode Pekerjaan Dipercepat	Durasi (Hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Total Biaya (Rp)
0		196	5,315,040,296	554,845,000	5,869,885,296
1	Z3, AF2	195	5,316,785,921	552,587,500	5,869,373,421
2	Z3, AB4	194	5,318,531,546	550,330,000	5,868,861,546
3	AB4, Y1	193	5,321,115,296	548,072,500	5,869,187,796
4	AB2, Y1	192	5,323,894,046	545,815,000	5,869,709,046
5	AB2, Z4, Y5	191	5,327,037,483	543,557,500	5,870,594,983
6	AD1, Z4, Y5	190	5,330,180,921	541,300,000	5,871,480,921
7	Z2, Y5, AF1, AG1	189	5,333,397,483	539,042,500	5,872,439,983
8	Z2, Y5, AC1, AC2	188	5,336,614,046	536,785,000	5,873,399,046

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa semakin berkurangnya durasi waktu proyek, biaya langsung proyek mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena adanya biaya lembur yang harus dibayar guna melakukan percepatan proyek. Oleh karena itu, pada durasi proyek 188 hari memiliki biaya langsung tertinggi karena terjadi penambahan biaya akibat adanya biaya lembur. Semakin berkurangnya durasi waktu proyek, biaya tidak langsung proyek juga mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena biaya tidak langsung seperti upah tenaga kerja tidak langsung berkurang karena hari kerjanya berkurang. Oleh karena itu, pada durasi proyek 188 hari memiliki biaya tidak langsung terendah. Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, percepatan yang dapat dilakukan pada penelitian ini hanya sampai 8 hari percepatan. Percepatan menyebabkan peningkatan biaya langsung namun biaya tidak langsung semakin menurun. Dan pada durasi proyek 194 hari memiliki total biaya proyek paling rendah yaitu Rp. 5,868,861,546. Hal ini dikarenakan pada

percepatan 193 hari dan seterusnya peningkatan biaya langsung jauh lebih besar dibandingkan penurunan biaya tidak langsung. Akan tetapi hasil percepatan diatas akan dibandingkan dengan perhitungan denda akibat keterlambatan proyek.

Adapun hubungan antara biaya langsung, biaya tidak langsung dan total biaya proyek terhadap waktu dan biaya optimal dapat dilihat dari Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik hubungan biaya langsung, tidak langsung, dan total biaya percepatan proyek  
Sumber: Hasil pengolahan data

Pada Gambar 4.11 dapat diketahui bahwa dengan adanya percepatan proyek terjadi peningkatan biaya langsung karena adanya penambahan biaya yang harus dibayar akibat penambahan jam lembur. Namun, hal itu berbeda pada biaya tidak langsung yang mengalami penurunan dikarenakan berkurangnya kebutuhan biaya tidak langsung karena jumlah hari kerja berkurang. Sedangkan untuk total biaya optimum pada penelitian ini diperoleh pada 194 hari kerja dimana diperoleh dari biaya langsung yang tinggi namun biaya tidak langsung yang rendah.

#### 4.3.6.2 Penambahan Tenaga Kerja

Untuk membandingkan dengan percepatan dengan penambahan jam kerja, pada penelitian ini dilakukan juga percepatan dengan penambahan tenaga kerja. Tenaga kerja dalam proyek ini terdiri dari pekerja, tukang, kepala tukang, dan mandor. Pihak kontraktor menerapkan peraturan maksimal penambahan tenaga kerja sebanyak 1 tenaga kerja dalam satu aktivitas, hal tersebut dikarenakan seluruh pekerja berasal dari luar daerah sehingga pihak kontraktor merasa kesulitan jika harus mencari pekerja yang banyak. Tenaga kerja yang mungkin ditambah adalah pekerja atau tukang. Kontraktor lebih memilih menambah tukang pada aktivitas kritis diatas minggu ke-12 dikarenakan aktivitas yang dilakukan membutuhkan keterampilan seorang tukang. Aktivitas yang dipercepat dipilih berdasarkan perhitungan maksimal percepatan jika ditambah 1 tukang. Untuk urutannya disesuaikan dengan biaya slope terkecil akibat penambahan tukang. Untuk perhitungan penambahan tenaga kerja dilakukan dari kegiatan- kegiatan kritis yang akan dipercepat dan dihitung berdasarkan data biaya langsung pekerjaan sehingga diperoleh pertambahan biaya (*cost slope*) pekerjaan. Adapun salah satu contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

##### Contoh Perhitungan pada Aktivitas Z3 (Instalasi Pemipaan Air Bersih Lantai Atap)

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas Normal (Pn)} &= \text{volume/durasi} \\
 &= 165/21 \\
 &= 7,86 \\
 \text{Produktivitas percepatan} &= Pn \times (\text{total pekerja normal} + 1 \text{ pekerja}) / (\text{total pekerja normal}) \\
 &= (7,86 \times (4+1))/4 \\
 &= 9,82 \\
 \text{Crash Duration (cd)} &= \text{volume/produktivitas percepatan} \\
 &= 165/9,82 \\
 &= 16,8 \text{ Hari} \approx 17 \text{ Hari} \\
 \text{Maksimal Durasi Percepatan} &= \text{Durasi Normal} - \text{Crash Duration} \\
 &= 21 - 17 \\
 &= 4 \text{ Hari} \\
 \text{Crash Cost atau Biaya Percepatan} &= \text{Biaya normal} + (\text{total penambahan upah} \times \text{cd}) \\
 &= \text{Rp } 9,278,563 + (\text{Rp } 110,000 \times 17) \\
 &= \text{Rp } 11,148,563 \\
 \text{Cost slope} &= \frac{(\text{crash cost} - \text{normal cost})}{(\text{normal duration} - \text{crash duration})} \\
 &= \frac{(11,148,563 - 9,278,563)}{(21 - 17)}
 \end{aligned}$$



=Rp 467,500

Jadi untuk mempercepat durasi aktivitas Z3 selama 1 hari dibutuhkan penambahan biaya sebesar Rp 467,500.

Tabel 4.10

Durasi Percepatan Jika Menambah 1 Pekerja

Kode	Volume	Satuan	Durasi Normal (Hari)	Produktivitas Normal	Produktivitas Percepatan	Durasi Percepatan (Hari)	Maksimal Durasi Percepatan	Biaya Normal (Rp)	Biaya Percepatan (Rp)	Cost Slope (Rp)
N1	12	unit	7	1.71	1.89	7	0			
N2	1	unit	7	0.14	0.18	6	1	3,412,444	4,072,444	660,000
N3	35	unit	7	5.00	6.25	6	1	3,328,088	3,988,088	660,000
N4	33	unit	7	4.71	5.66	6	1	41,540,405	42,200,405	660,000
N5	4	unit	7	0.57	0.71	6	1	8,031,313	8,691,313	660,000
N6	4	unit	7	0.57	0.71	6	1	720,000	1,380,000	660,000
N7	5.04	m2	7	0.72	0.90	6	1	1,150,608	1,810,608	660,000
N8	4	unit	7	0.57	0.71	6	1	12,620,971	13,280,971	660,000
Y1	1	unit	28	0.04	0.04	24	4	37,375,000	40,015,000	660,000
Y1	1	unit	28	0.04	0.04	24	4	37,375,000	40,015,000	660,000
Y2	1	set	7	0.14	0.17	6	1	11,020,000	11,680,000	660,000
Y3	1	set	7	0.14	0.18	6	1	6,172,662	6,832,662	660,000
Y4	43	m	7	6.14	8.19	6	1	2,156,735	2,816,735	660,000
Y5	1	unit	42	0.02	0.03	36	6	44,700,000	48,660,000	660,000
Z2	129	m	21	6.14	7.68	17	4	5,422,938	7,292,938	467,500
Z3	165	m	21	7.86	9.82	17	4	9,278,563	11,148,563	467,500
Z4	113	m	21	5.38	6.73	17	4	6,747,238	8,617,238	467,500
AB1	204	m	28	7.29	8.74	24	4	22,213,274	24,853,274	660,000
AB2	210	m	21	10.00	12.00	18	3	20,703,417	22,683,417	660,000
AB3	34	m	7	4.86	6.07	6	1	3,960,796	4,620,796	660,000
AB4	2	unit	28	0.07	0.09	24	4	21,700,000	24,340,000	660,000
AC1	12	unit	14	0.86	1.07	12	2	7,140,000	8,460,000	660,000
AC2	12	unit	14	0.86	1.07	12	2	7,140,000	8,460,000	660,000
AD1	188	m	14	13.43	15.67	12	2	45,052,039	46,372,039	660,000
AE1	1	set	7	0.14	0.18	6	1	2,190,000	2,850,000	660,000
AF1	1	set	14	0.07	0.09	12	2	24,665,000	25,985,000	660,000
AF2	44	m	14	3.14	3.93	12	2	2,830,000	4,150,000	660,000
AG1	138	ttk	35	3.94	4.73	30	5	70,872,500	74,172,500	660,000
AG2	138	ttk	28	4.93	5.91	24	4	72,960,000	75,600,000	660,000
AH1	45	m	7	6.43	8.04	6	1	7,425,000	8,085,000	660,000
AH2	45	m	7	6.43	8.04	6	1	7,425,000	8,085,000	660,000

Sumber: Hasil pengolahan data

Langkah selanjutnya adalah melakukan pemilihan dan penentuan urutan aktivitas yang akan dilakukan percepatan akan didasarkan pada beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Aktivitas yang dipilih merupakan aktivitas alternatif yang terdapat di jalur kritis yang mempengaruhi penyelesaian waktu proyek, yang telah dijelaskan pada Tabel 4.3.
2. Memiliki biaya slope yang rendah. Biaya rendah dapat diketahui dari perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk percepatan proyek. Jika percepatan proyek dengan penambahan tenaga kerja maka dapat didasarkan dari pertimbangan upah tenaga kerja pada Tabel 4.6. Dari alternatif aktivitas dipilih yang memiliki biaya rendah.
3. Aktivitas tersebut memiliki pengaruh yang cukup besar jika dilakukan percepatan, dengan kata lain memiliki banyak *successor*. *Successor* yaitu aktivitas yang mengikuti aktivitas sebelumnya.

Berdasarkan kriteria diatas maka didapat urutan percepatan yang dapat dilihat pada table 4.11.

Tabel 4.11

Urutan aktivitas dipercepat dengan penambahan tenaga kerja

No	Kode Pekerjaan Dipercepat	Durasi (Hari)	Total Slope (Rp)
0		196	
1	Z3, AB1	195	1,127,500
2	Z3, AB1	194	1,127,500
3	Z3, AB1	193	1,127,500
4	Z3, AB1	192	1,127,500
5	Y1, AB2	191	1,320,000
6	Y1, AB2	190	1,320,000
7	Y1, AB2	189	1,320,000
8	Y1, AB3	188	1,320,000
9	N3, AB4	187	1,320,000
10	N4, AB4	186	1,320,000
11	N5, AB4	185	1,320,000
12	N6, AB4	184	1,320,000
13	N7, AD1	183	1,320,000
14	N8, AD1	182	1,320,000
15	Z2, Y2, AF2	181	1,787,500
16	Z2, Y3, AF2	180	1,787,500
17	Z4, Y5, AC1, AC2	179	2,447,500
18	Z4, Y5, AC1, AC2	178	2,447,500

Sumber: Hasil pengolahan data

Tabel 4.11 menunjukkan urutan percepatan proyek. Salah satu contoh jika ingin mempercepat 1 hari sehingga durasi proyek menjadi 195 hari. Maka aktivitas yang harus dipercepat yaitu aktivitas dengan kode Z3 dan AB1. Kedua aktivitas tersebut dipilih karena memiliki biaya slope paling rendah. Kedua aktivitas tersebut dipilih secara bersamaan karena aktivitas Z3 dan AB1 berada pada jalur kritis yang berbeda sehingga ketika hanya salah satu yang di percepat maka waktu penyelesaian proyek tidak berkurang.

Selanjutnya dilakukan perhitungan biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total yang diakibatkan pertambahan tenaga kerja dapat dilihat pada salah satu contoh perhitungan dibawah ini.

Perhitungan biaya pada *percepatan* 1 hari:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya langsung} &= \text{Biaya Durasi Normal} + \text{Cost Slope Z3} + \text{Cost Slope AB1} \\
 &= \text{Rp } 5,315,040,296 + \text{Rp } 467,500 + \text{Rp } 660,000 \\
 &= \text{Rp } 5,318,320,296
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya tidak langsung} &= ((\text{Biaya Tidak Langsung yang dipengaruhi Durasi} : \text{Durasi Normal}) \\
 &\quad + \text{Biaya Tidak langsung yang tidak dipengaruhi durasi}) \times \text{Durasi} \\
 &\quad \text{Percepatan} \\
 &= ((\text{Rp } 442,470,000 : 196) + 112,375,000) \times 195 \\
 &= \text{Rp } 552,587,500
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Total} &= \text{Biaya Langsung} + \text{Biaya Tidak Langsung} \\
 &= \text{Rp } 5,318,320,296 + \text{Rp } 552,587,500 \\
 &= \text{Rp } 5,868,755,296
 \end{aligned}$$

Tabel 4.12

Urutan Aktivitas Dipercepat, Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung, Total Biaya

Durasi (Hari)	Kode Pekerjaan Dipercepat	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Total Biaya (Rp)
196		5,315,040,296	554,845,000	5,869,885,296
195	Z3, AB1	5,316,167,796	552,587,500	5,868,755,296
194	Z3, AB1	5,317,295,296	550,330,000	5,867,625,296
193	Z3, AB1	5,318,422,796	548,072,500	5,866,495,296
192	Z3, AB1	5,319,550,296	545,815,000	5,865,365,296
191	Y1, AB2	5,320,870,296	543,557,500	5,864,427,796
190	Y1, AB2	5,322,190,296	541,300,000	5,863,490,296
189	Y1, AB2	5,323,510,296	539,042,500	5,862,552,796
188	Y1, AB3	5,324,830,296	536,785,000	5,861,615,296
187	N3, AB4	5,326,150,296	534,527,500	5,860,677,796
186	N4, AB4	5,327,470,296	532,270,000	5,859,740,296
185	N5, AB4	5,328,790,296	530,012,500	5,858,802,796
184	N6, AB4	5,330,110,296	527,755,000	5,857,865,296
183	N7, AD1	5,331,430,296	525,497,500	5,856,927,796
182	N8, AD1	5,332,750,296	523,240,000	5,855,990,296
181	Z2, Y2, AF2	5,334,537,796	520,982,500	5,855,520,296
180	Z2, Y3, AF2	5,336,325,296	514,225,000	5,850,550,296
179	Z4, Y5, AC1, AC2	5,338,772,796	511,967,500	5,850,740,296

Sumber: Hasil pengolahan data

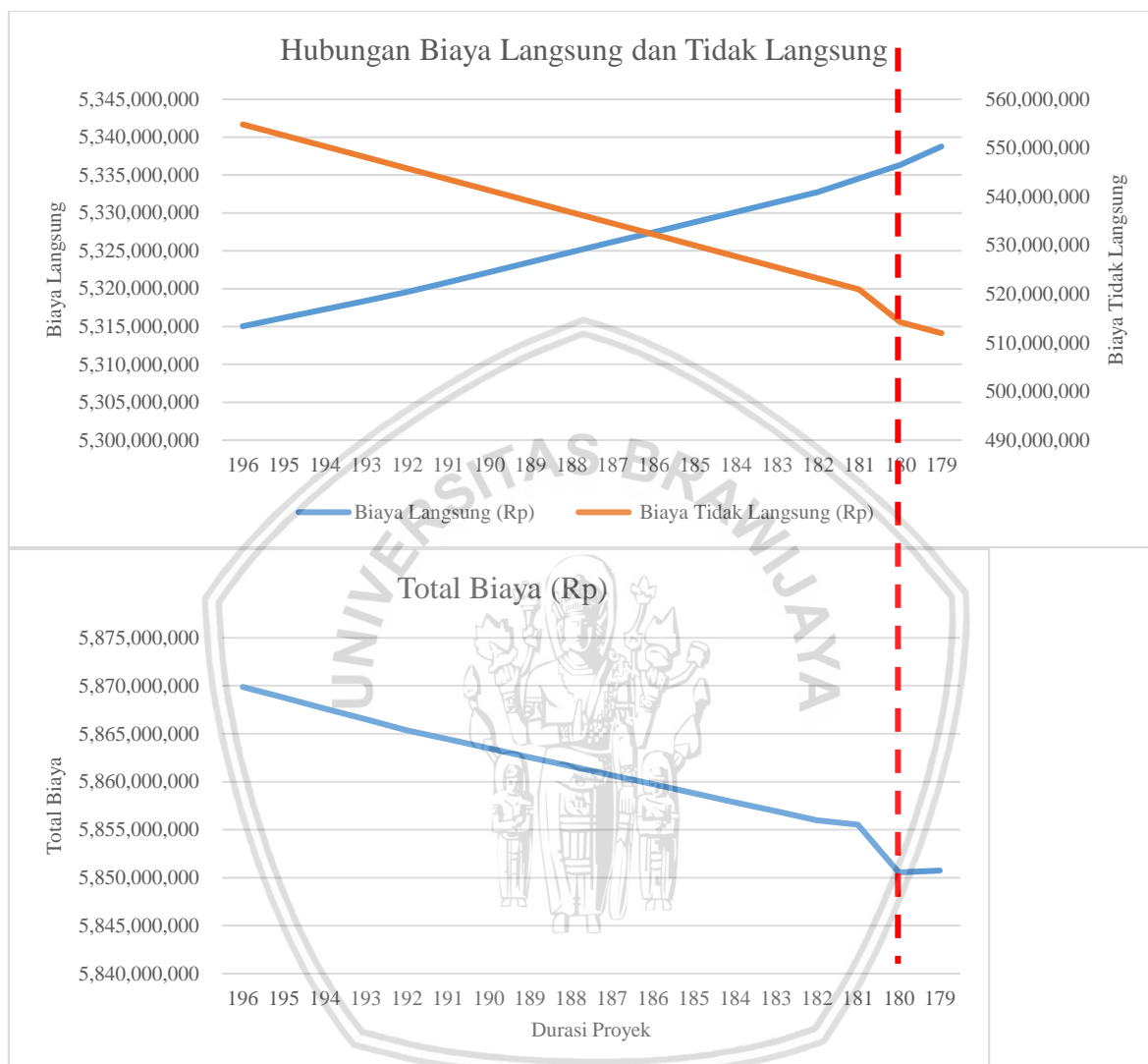
Berdasarkan Tabel 4.12 dapat dilihat bahwa semakin berkurangnya durasi waktu proyek, biaya langsung proyek mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena adanya biaya lembur yang harus dibayar guna melakukan percepatan proyek. Oleh karena itu, pada durasi proyek 180 hari memiliki biaya langsung tertinggi karena terjadi penambahan biaya akibat adanya biaya lembur.

Dapat dilihat bahwa semakin berkurangnya durasi waktu proyek, biaya tidak langsung proyek juga mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena biaya tidak langsung seperti upah karyawan berkurang karena hari kerjanya berkurang. Selain itu biaya sewa kantor dan mess jika durasi proyek lebih dari 180 hari, sewa dihitung menjadi 7 bulan, sedangkan apabila proyek selesai dalam waktu 180 hari atau kurang maka akan menghemat biaya sewa kantor dan mess selama 1 bulan sebesar Rp 4,500,000. Oleh karena itu, pada durasi proyek 179 hari memiliki biaya tidak langsung terendah karena upah karyawan berkurang dan biaya sewa kantor dan mess juga berkurang.

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, percepatan yang dapat dilakukan pada percepatan dengan penambahan tenaga kerja sampai 16 hari percepatan. Percepatan menyebabkan peningkatan biaya langsung namun biaya tidak langsung semakin

menurun. Dan pada durasi proyek 180 hari memiliki total biaya proyek yang optimal yaitu Rp. 5,850,550,296.

Adapun hubungan antara biaya langsung, biaya tidak langsung dan total biaya proyek terhadap waktu dan biaya optimal dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Grafik hubungan biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total.  
Sumber: Hasil pengolahan data

Pada Gambar 4.12 dapat diketahui bahwa dengan adanya percepatan proyek terjadi peningkatan biaya langsung karena adanya penambahan biaya yang harus dibayar akibat penambahan tenaga kerja. Namun, hal itu berbeda pada biaya tidak langsung yang mengalami penurunan dikarenakan berkurangnya kebutuhan biaya tidak langsung karena jumlah hari kerja berkurang. Sedangkan untuk total biaya optimum pada percepatan dengan penambahan tenaga kerja ini diperoleh pada 180 hari kerja dimana diperoleh dari penjumlahan antara biaya langsung yang cukup tinggi dan biaya tidak langsung yang rendah.

#### 4.4 Analisis dan Pembahasan

Pada sub bab akan dibahas mengenai analisis dan pembahasan dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Analisis dan pembahasan yang akan dilakukan yaitu hasil Earned Value Analysis, analisis perbandingan total biaya akibat percepatan lembur dan penambahan tenaga kerja, dan perbandingan penambahan biaya akibat biaya denda.

##### 4.4.1 Hasil *Earned Value Analysis*

Berdasarkan perhitungan indeks produktivitas dan kinerja pada sub bab 4.3.1.5 dapat disimpulkan bahwa pada minggu ke-12 nilai CPI yang dihasilkan adalah 1.069 atau lebih dari 1 yang menunjukkan bahwa pengeluaran lebih sedikit dari anggaran (*under cost*). Akan tetapi nilai SPI yang dihasilkan yaitu 0,828 atau dibawah 1 yang menunjukkan bahwa waktu pelaksanaan lebih lama dari jadwal yang telah direncanakan (*schedule underrun*).

Setelah diketahui bahwa proyek mengalami keterlambatan pada aktivitas tertentu, selanjutnya dilakukan analisis penyebab terjadinya *schedule underrun* pada aktivitas yang mengalami keterlambatan. Berdasarkan analisis dengan menggunakan tree diagram diketahui penyebab keterlambatan berasal dari kesalahan kontraktor seperti terlambat memulai pekerjaan, pekerjaan sebelumnya terlambat, terlambat mendatangkan peralatan, terlambat mendatangkan material, dan pekerja yang kurang terampil dalam melakukan pekerjaannya.

Oleh karena faktor tersebut, pada minggu ke 13 sampai dengan selesai akan dilakukan percepatan dengan metode yang cocok dengan faktor penyebab keterlambatan yang terjadi. Metode yang cocok antara lain percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur) dan percepatan dengan penambahan tenaga kerja. Kemudian kedua metode tersebut dibandingkan dan dipilih metode yang terbaik untuk proyek gedung asrama sekolah pada penelitian ini.

##### 4.4.2 Perbandingan Penambahan Biaya Akibat Penambahan Jam Kerja, Penambahan Tenaga Kerja dan Biaya Denda

Berdasarkan anggaran biaya proyek yang terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung selama 182 hari adalah Rp 5,838,280,296. Adapun *breakdown* jadwal yang baru diperlukan waktu 196 hari untuk menyelesaikan proyek sehingga terdapat deviasi sebesar 14 hari dari rencana awal proyek selesai dalam waktu 182 hari. Jika hal tersebut dibiarkan maka pihak kontraktor bisa mendapatkan denda akibat keterlambatan 14 hari tersebut jika tidak dilakukan percepatan. Total biaya denda yang harus dibayarkan yaitu total waktu akibat



keterlambatan  $\times$  denda perhari akibat keterlambatan, dimana denda perhari sebesar  $\frac{1}{1000}$  dari nilai kontrak.

$$\begin{aligned}\text{Denda keterlambatan per hari} &= \frac{1}{1000} \times 5,315,040,296 \\ &= \text{Rp } 5,315,040\end{aligned}$$

Selain denda yang dipertimbangkan, selisih antara biaya percepatan dengan anggaran perlu diperhatikan. Kemudian selisih biaya tersebut ditambahkan dengan denda, nantinya akan dipilih biaya paling minimal yang dikeluarkan kontraktor sebagai rekomendasi pelaksanaan proyek. Berikut merupakan contoh perhitungan biaya pada table 4.13.

### Percepatan Proyek 190 Hari

$$\begin{aligned}\text{Selisih Percepatan Lembur} &= \text{Biaya Percepatan Lembur} - \text{Anggaran Biaya} \\ &= 5,871,480,921 - 5,838,280,296 \\ &= 33,200,625\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Selisih Percepatan Tambah Tenaga Kerja} &= \text{Biaya Percepatan Tenaga Kerja} - \text{Anggaran Biaya} \\ &= 5,871,480,921 - 5,863,490,296 \\ &= 25,210,000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Denda} &= \text{Denda Per Hari} \times (\text{Durasi Penyelesaian} - \text{Durasi Kontrak}) \\ &= 5,315,040 \times (190 - 182) \\ &= 5,315,040 \times 8 \\ &= 42,520,322\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya yang dikeluarkan jika lembur} &= \text{Selisih Percepatan Lembur} + \text{Denda} \\ &= 33,200,625 + 42,520,322 \\ &= 75,720,947\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya yang dikeluarkan jika tambah tenaga} &= \text{Selisih Percepatan Tenaga Kerja} + \text{Denda} \\ &= 25,210,000 + 42,520,322 \\ &= 67,730,322\end{aligned}$$

Tabel 4.13

Perbandingan Biaya Tambahan yang Harus dikeluarkan Kontraktor Akibat Keterlambatan Proyek

Durasi	Biaya Percepatan Lembur (Rp)	Biaya Percepatan Tambah Tenaga (Rp)	Selisih Percepatan Lembur (Rp)	Selisih Percepatan Tambah Tenaga (Rp)	Denda (Rp)	Biaya yang Dikeluarkan jika Lembur (Rp)	Biaya yang Dikeluarkan jika Tambah Tenaga (Rp)
196	5,869,885,296	5,869,885,296	31,605,000	31,605,000	74,410,564	106,015,564	106,015,564
195	5,869,373,421	5,868,755,296	31,093,125	30,475,000	69,095,524	100,188,649	99,570,524
194	5,868,861,546	5,867,625,296	30,581,250	29,345,000	63,780,484	94,361,734	93,125,484
193	5,869,187,796	5,866,495,296	30,907,500	28,215,000	58,465,443	89,372,943	86,680,443
192	5,869,709,046	5,865,365,296	31,428,750	27,085,000	53,150,403	84,579,153	80,235,403
191	5,870,594,983	5,864,427,796	32,314,688	26,147,500	47,835,363	80,150,050	73,982,863
190	5,871,480,921	5,863,490,296	33,200,625	25,210,000	42,520,322	75,720,947	67,730,322
189	5,872,439,983	5,862,552,796	34,159,688	24,272,500	37,205,282	71,364,970	61,477,782
188	5,873,399,046	5,861,615,296	35,118,750	23,335,000	31,890,242	67,008,992	55,225,242
187	-	5,860,677,796	-	22,397,500	26,575,201	-	48,972,701



Durasi	Biaya Percepatan Lembur (Rp)	Biaya Percepatan Tambah Tenaga (Rp)	Selisih Percepatan Lembur (Rp)	Selisih Percepatan Tambah Tenaga (Rp)	Denda (Rp)	Biaya yang Dikeluarkan jika Lembur (Rp)	Biaya yang Dikeluarkan jika Tambah Tenaga (Rp)
186	-	5,859,740,296	-	21,460,000	21,260,161	-	42,720,161
185	-	5,858,802,796	-	20,522,500	15,945,121	-	36,467,621
184	-	5,857,865,296	-	19,585,000	10,630,081	-	30,215,081
183	-	5,856,927,796	-	18,647,500	5,315,040	-	23,962,540
182	-	5,855,990,296	-	17,710,000	-	-	17,710,000
181	-	5,855,520,296	-	17,240,000	-	-	17,240,000
180	-	5,850,550,296	-	12,270,000	-	-	12,270,000

Sumber: Hasil pengolahan data

Berdasarkan Tabel 4.13 dapat dilihat bahwa percepatan proyek dengan biaya minimum adalah Rp 12,270,000 yaitu dengan melakukan percepatan proyek dengan penambahan tenaga kerja sehingga proyek dapat selesai dengan durasi 180 hari. Proyek tersebut pada akhirnya tidak terlambat dan tidak dikenai biaya denda, akan tetapi kontraktor mengeluarkan biaya lebih akibat percepatan proyek. Biaya tambahan yang dikeluarkan kontraktor terbilang tidak terlalu besar, hal ini dikarenakan meskipun biaya langsung bertambah, biaya tidak langsung proyek berkurang signifikan.

#### 4.5 Rekomendasi Jadwal Pelaksanaan Proyek

Berdasarkan hasil pengolahan data yang diperoleh, direkomendasikan pelaksanaan proyek selama 180 hari. Dimana 16 hari lebih cepat dari jadwal existing pelaksanaan proyek. Dengan adanya percepatan selama 16 hari tersebut berarti proyek selesai 2 hari lebih cepat dari kontrak sehingga kontraktor tidak dikenai biaya denda dan biaya tidak langsung berkurang.

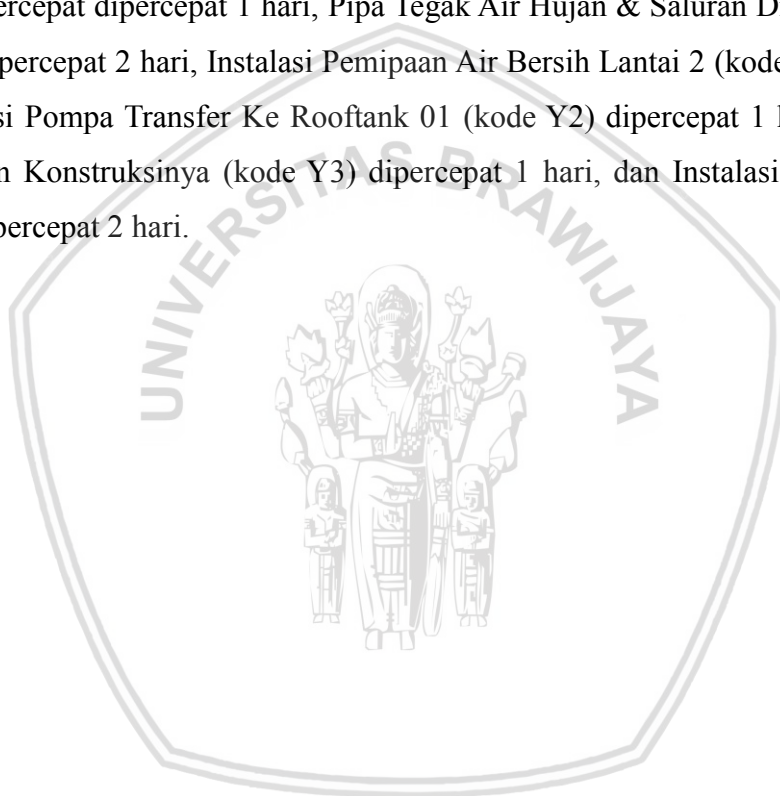
Percepatan tersebut dilakukan dengan urutan percepatan seperti pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14  
Rekomendasi Urutan Percepatan Proyek

Durasi (Hari)	Kode Pekerjaan Dipercepat
196	
195	Z3, AB1
194	Z3, AB1
193	Z3, AB1
192	Z3, AB1
191	Y1, AB2
190	Y1, AB2
189	Y1, AB2
188	Y1, AB3
187	N3, AB4
186	N4, AB4
185	N5, AB4
184	N6, AB4
183	N7, AD1
182	N8, AD1
181	Z2, Y2, AF2
180	Z2, Y3, AF2

Sumber: Hasil pengolahan data

Percepatan proyek selama 16 hari tersebut diperoleh dari hasil penambahan tenaga kerja pada beberapa aktivitas yaitu Instalasi Pemipaan Air Bersih Lantai Atap (kode Z3) dipercepat 4 hari, Pemipaan Lantai 1 (kode AB1) dipercepat 4 hari, Sumur Bor Dan Pompa Sumur (kode Y1) dipercepat 4 hari, Pemipaan Lantai 2 (kode AB2) dipercepat 3 hari, Pemipaan Utama & Riser (kode AB3) dipercepat 1 hari, Septic Tank, Peresapan & Bak Kontrol (kode AB4) dipercepat 4 hari, Pek. Pek. Pas. Floordrain Stainless Steel (kode N3) dipercepat 1 hari, Pek. Pas. Bath Shower Stainless Steel Set (kode N4) dipercepat 1 hari, Pek. Pas. Washtafel (kode N5) dipercepat 1 hari, Pek. Pas. Keran Washtafel (kode N6) dipercepat 1 hari, Pek. Pas. Kaca Cermin (kode N7) dipercepat 1 hari, Pek. Pas. Urinoir (kode N8) dipercepat dipercepat 1 hari, Pipa Tegak Air Hujan & Saluran Drainase Keliling (kode AD1) dipercepat 2 hari, Instalasi Pemipaan Air Bersih Lantai 2 (kode Z2) dipercepat 2 hari, Instalasi Pompa Transfer Ke Rooftank 01 (kode Y2) dipercepat 1 hari, Tangki Air (Rooftank) dan Konstruksinya (kode Y3) dipercepat 1 hari, dan Instalasi Kabel Toevoer (kode AF2) dipercepat 2 hari.





## BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran yang diberikan berdasarkan analisa dan pembahasan penelitian.

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian pada proyek pembangunan asrama sekolah didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil pengukuran kinerja dengan menggunakan metode *Earned Value Analysis* (EVA) pada minggu ke-12 nilai CPI yang dihasilkan adalah 1.069 atau lebih dari 1 yang menunjukkan bahwa pengeluaran lebih sedikit dari anggaran (*under cost*) namun nilai SPI yang dihasilkan yaitu 0,828 atau dibawah 1 yang menunjukkan bahwa waktu pelaksanaan lebih lama dari jadwal yang telah direncanakan (*schedule underrun*).
2. Penyebab *schedule underrun* berasal dari kesalahan kontraktor seperti terlambat memulai pekerjaan, pekerjaan sebelumnya terlambat, terlambat mendatangkan peralatan, terlambat mendatangkan material, dan pekerja yang kurang terampil dalam melakukan pekerjaannya.
3. Pada *existing time schedule* dilakukan percepatan pada minggu ke 13 sampai dengan minggu ke 28 dengan durasi 180 hari dimana 16 hari lebih cepat dari jadwal *existing* pelaksanaan proyek. Dengan adanya percepatan selama 16 hari tersebut berarti proyek selesai 2 hari lebih cepat dari kontrak sehingga kontraktor tidak dikenai biaya denda dan biaya tidak langsung berkurang. Percepatan proyek selama 16 hari tersebut diperoleh dari hasil penambahan tenaga kerja pada beberapa aktivitas yaitu Instalasi Pemipaan Air Bersih Lantai Atap (kode Z3) dipercepat 4 hari, Pemipaan Lantai 1 (kode AB1) dipercepat 4 hari, Sumur Bor Dan Pompa Sumur (kode Y1) dipercepat 4 hari, Pemipaan Lantai 2 (kode AB2) dipercepat 3 hari, Pemipaan Utama & Riser (kode AB3) dipercepat 1 hari, Septic Tank, Peresapan & Bak Kontrol (kode AB4) dipercepat 4 hari, Pek. Pek. Pas. Floordrain Stainless Steel (kode N3) dipercepat 1 hari, Pek. Pas. Bath Shower Stainless Steel Set (kode N4) dipercepat 1 hari, Pek. Pas. Washtafel (kode N5) dipercepat 1 hari, Pek. Pas. Keran Washtafel (kode N6) dipercepat 1 hari, Pek. Pas. Kaca Cermin (kode N7) dipercepat 1 hari, Pek. Pas.

Urinoir (kode N8) dipercepat dipercepat 1 hari, Pipa Tegak Air Hujan & Saluran Drainase Keliling (kode AD1) dipercepat 2 hari, Instalasi Pemipaan Air Bersih Lantai 2 (kode Z2) dipercepat 2 hari, Instalasi Pompa Transfer Ke Rooftank 01 (kode Y2) dipercepat 1 hari, Tangki Air (Rooftank) Dan Konstruksinya (kode Y3) dipercepat 1 hari, Instalasi Kabel Toevoer (kode AF2) dipercepat 2 hari.

4. Anggaran biaya awal proyek dengan durasi 182 hari adalah Rp. 5,838,280,296 yang terdiri dari biaya langsung Rp 5,315,040,296 dan biaya tidak langsung Rp. 523,240,000. Apabila proyek dibiarkan terlambat selama 14 hari, kontraktor akan dikenakan denda sebesar 1/1000 dari nilai kontrak dan terjadi kenaikan biaya langsung menjadi Rp. 554,845,000 sedangkan biaya langsung tetap. Selain itu kontraktor mendapat denda sebesar Rp. 74,410,564 karena keterlambatannya. Sehingga total uang tambahan yang harus dikeluarkan kontraktor sebesar Rp. 106,015,564. Dengan melakukan percepatan proyek menjadi 180 hari, kontraktor harus mengeluarkan biaya tambahan sebesar Rp 12,270,000. Biaya tersebut merupakan akibat dari penambahan tenaga kerja guna mempercepat durasi proyek sebesar Rp. 21,285,000 dan biaya tidak langsung berkurang Rp. 9,015,000 dari anggaran awal proyek. Biaya tambahan yang dikeluarkan kontraktor terbilang tidak terlalu besar, hal ini dikarenakan meskipun biaya langsung bertambah, biaya tidak langsung proyek berkurang signifikan. Selain itu kontraktor juga tidak perlu membayar denda karena proyek selesai lebih cepat dari durasi kontrak. Sehingga total biaya dengan durasi 180 hari adalah Rp 5,850,550,296 yang terdiri dari biaya langsung Rp 5,338,772,796 dan biaya tidak langsung Rp 511,967,500.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Direkomendasikan evaluasi kinerja proyek harus dilakukan secara intensif setiap minggu agar dapat melakukan pencegahan dini keterlambatan proyek.
2. Untuk perusahaan tempat penelitian disarankan dapat menerapkan metode penjadwalan proyek PDM (*Precedence Diagram Method*) sebagai salah satu bentuk metode untuk mendapatkan estimasi waktu dalam pengerjaan suatu proyek.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arfianto, Dedi. (2016). Laporan Kemajuan Mingguan Proyek Kontruksi Gedung Asrama Sekolah
- Arfianto, Dedi. (2016). Rencana Anggaran Biaya Proyek Kontruksi Gedung Asrama Sekolah
- Arikunto, Suharsimi. (2007). *Manajemen Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta
- Bastian, Ifnu, Sugiono, Ceria, F. M. T. (2015). Optimasi Perencanaan Proyek Pembangunan Perpustakaan Menggunakan PDM dan *Resource Levelling*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri Universitas Brawijaya*. Vol. 3 No 1 Hal. 1-10
- Danim, Sudarwan. (2000). *Pengantar Studi Penelitian Kebijakan*. Jakarta: Bumi Aksara
- Dipohusodo, I. (1996). *Manajemen Kontruksi Jilid I*. Yogyakarta: Kanisius.
- Ervianto, W. I. (2002). *Manajemen Proyek Konstruksi (Edisi Revisi)*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Gray Clifford F. & Larson, W. L. (2007). *Manajemen Proyek Proses Manajerial*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Heryanto, Imam & Totok W. (2015). *Manajemen Proyek berbasis Teknologi Informasi*. Bandung: Penerbit Informatika
- Husen, A. (2011). *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. Nomor Kep.102/Men/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur
- Kerzner, Harold. (2008). *Project Manajement: A System Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. New York: Wiley & Son.
- Krismawanti, Denis Dwi, Rahmi Yuniarti, Dewi Hardiningtyas (2017). Pengoptimalan Waktu dengan Pertimbangan Biaya Proyek Konstruksi dengan Metode Time Cost Trade Off. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri Universitas Brawijaya*. Vol.5 No.11 Hal. 1-14
- Lumbanbatu, J. K. & Syahrizal. (2013). Analisis Percepatan Waktu Proyek dengan Tambahan Biaya yang Optimum. *Jurnal Jurusan Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara*. Vol.2 No.3 Hal. 4-5
- Prasetya, Sandi, Nasir Widha Setyanto, Ceria, F.M.T (2014). Penerapan Konsep *Earned Value Method* Sebagai Alat Ukur Biaya dan Jadwal pada Pekerjaan Bekisting. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri Universitas Brawijaya*. Vol.2 No.1 Hal.1-35.
- Putra, Denny Eko. (2011). *Pengendalian Biaya dan Waktu Pelaksanaan Proyek dengan Earned Value Method*. Skripsi tidak di publikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.



Soeharto, Imam. (1999). *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga

Sugiyono. (2009). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

